



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

B

1,294,293







Transport
Library
TJ
46⁴
M6



(The Gardener)

A
PRACTICAL VIEW
OF THE
STEAM ENGINE;
ILLUSTRATED BY
ENGRAVINGS OF THE LARGEST MACHINE IN SCOTLAND,
CONSTRUCTED
BY MESSRS. CLAUD GIRDWOOD, & CO.
FOR THE
COAL MINES OF SIR JOHN HOPE, OF CRAIGHALL, BART.
WITH AN ACCOUNT
OF A MERCURIAL STATICAL DYNAMOMETER,
AND
RESULTS OF THE DRAUGHT OF HORSES, QUANTUM OF FRICTION ON
RAILWAYS, &c. AS PROVED BY THIS INSTRUMENT.

By JOHN MILNE,
TEACHER OF ARCHITECTURAL AND MECHANICAL DRAWING.

EDINBURGH:
PRINTED BY A. BALFOUR AND CO.
FOR JOHN BOYD, 37, GEORGE STREET, EDINBURGH;
BLACK, YOUNG, & YOUNG, TAVISTOCK STREET, AND CHARLES TILT,
FLEET STREET, LONDON; JOHN CUMMING, DUBLIN; AND
N. COLNAGHI, PARIS.

MDCCXXX.

TRANSF

T.T

464

M6

**APERÇU PRATIQUE
DE LA
MACHINE À VAPEUR;**

ACCOMPAGNE DE
**GRAVURES QUI REPRESENTENT LA PLUS GRANDE MACHINE
QUI EXISTE EN ECOSSE,**
CONSTRUISTE
PAR MM. CLAUD GIRDWOOD, ET CIE.
POUR LES
MINES DE CHARBON DE SIR JOHN HOPE DE CRAIGHALL, BART.

SUIVI DE LA DESCRIPTION
D'UN DYNAMOMÈTRE DE MERCURE STATIQUE
ET
**DE RÉSULTATS DE LA FORCE DES CHEVAUX, LA QUANTITE DE
FROTTEMENT SUR LES CHEMINS DE FER, &c. DÉ-
MONTRÉ PAR CET INSTRUMENT**



PAR JOHN MILNE,
**PROFESSEUR DE DESSIN APPLIQUÉ A L'ARCHITECTURE
ET À LA MÉCANIQUE.**

**À EDIMBOURG:
DE L'IMPRIMERIE DE A. BALFOUR ET CIE.**

MDCCXXX.

TO THE

HIGHLAND SOCIETY OF SCOTLAND,

WHOSE PATRONAGE,

BY ENCOURAGING USEFUL INDUSTRY,

PROMOTES THE NATIONAL PROSPERITY,

THIS WORK

IS MOST RESPECTFULLY INSCRIBED

BY

THE AUTHOR.

1-8-37.

Transport.

03-26-47 7W

OUVRAGE

DÉDIÉ AVEC RESPECT

PAR L'AUTEUR,

A LA

“ HIGHLAND SOCIETY OF SCOTLAND,”

DONT LE PATRONAGE,

EN ENCOURAGEANT L'INDUSTRIE UTILE,

AUGMENTE

LA PROSPÉRITÉ DE L'EMPIRE

BRITANNIQUE.



CONTENTS.

Introduction	xvi
--------------	-----

AGENTS EMPLOYED IN THE ACTION OF A STEAM ENGINE.

Water, how much Air it Contains	4
Weight of Water	4
Steam	6
— Expansive Properties of	12
— Elasticity and Density of	16
Weight of the Atmosphere	16
Pneumatical Experiment by the Author	28
Description of the New Craighall Steam Engine	36
Its Power	80
Its Effect in a given Time	84

OBSERVATIONS ON STEAM ENGINES IN GENERAL.

Fuel Consumed by Steam Engines	88
Size of Boilers	90
Sediment in ditto	96
Size of Steam Passages	98
Steam Case, how far it is Useful	102
Friction of the Piston	110
Do. how it can be reduced	118
Parallel Motion	122
Methods for ascertaining the Length of the Rods	124
The Condenser	128
Air Pump	130
Cold Water Pump	136
Pump for Elementary Water or Steam	138
Pump for draining the Mines	138
Strata which lie over the Coal Seams	144

APPENDIX.

1. Description of a New Statical Mercurial Dynamometer, Invented by the Author	148
2. Results obtained by means of this Instrument upon the Kirkintilloch Railway	15



SUBSCRIBERS' NAMES.

	Copies.
Adam, Rear-Admiral,	1
Mr. George Aikman, engraver, Edinburgh,	1
Mr. Robert Aitkin, farmer, Musselburgh,	1
William Aitchison, Esq. Edinburgh,	1
Thomas Allan, Esq. Edinburgh,	1
Mr. Alexander, bookseller, Yarmouth,	1
John Anderson, Esq. Leith Walk Foundry,	1
James Anderson, Esq. engineer, Edinburgh,	1
Joaо de Carvalho Paés d'Andrade, Brazil,	1
Mr. Charles Atherton, Dean Bridge, Edinburgh,	2
Robert Aytoun, Esq. W. S. Edinburgh,	1
John Baird, Esq. manager of Shots Foundry,	1
Mr. William Baird, ironmonger, Musselburgh,	1
Robert Bald, Esq. engineer, Edinburgh,	2
William Bald, Esq. engineer, London,	1
Messrs. John Bartholomew and Co. Glasgow,	1
Messrs. Bell, ironmongers, Edinburgh,	1
John Berry, Esq. Glasgow,	1
Messrs. Berwick, brewers, Edinburgh,	1
The Bourdeaux Foundry engineer,	1
Mr. James Blackie, engineer, Calton Foundry,	1
Mr. James Black, architectural surveyor, Edinburgh,	1
James Boyd, LL.D. Governor of Heriot's Hospital,	1
Sir Thomas Macdougall Brisbane, K.C.B.	1
Mr. Robert Brockley, plumber, Musselburgh,	1
Mr. Brown, of Redpath and Brown, ironmongers, Edinburgh,	1
Mr. D. Bryce, architect, Edinburgh,	1
His Grace the Duke of Buccleugh,	5
George Buchanan, civil engineer, Edinburgh,	1

SUBSCRIBERS' NAMES.

	Over	25	Copies.
Philip Cadell, Esq. Cramond Iron Works,	.	.	1
Messrs. Caird and Co. Greenock,	.	.	1
John Cameron, Esq. Springfield,	.	.	1
Le Comte de Chabrol,	.	.	2
Mr. William Cleghorn, engineer, Cossipore, Bengal,	.	.	1
James Colquhoun, Esq. Sheffield,	.	.	1
Edward Collins, Esq. Dalmeny Paper Mills,	.	.	1
George Crosbie, Esq. National Bank of Scotland,	.	.	1
J. Graham Dalyell, Esq. advocate, Edinburgh,	.	.	1
Mr. Archibald Darg, brass founder, Edinburgh,	.	.	1
His Excellency Count Davidoff, Moscow,	.	.	1
William Dixon, Esq. Calder Iron Works,	.	.	1
Mr. George Dodd, Superintendent of Monkland and Kirkintilloch Railway,	.	.	1
Mr John Dundas, Edinburgh, Studt. Nat. Phil.	.	.	1
Thomas Edington, Esq. Phoenix Iron Works, Glasgow,	.	.	1
Mons. Fatorini, surgeon, Edinburgh,	.	.	1
Le Comte de la Feronaye, Minister for Foreign Affairs to the King of France,	.	.	1
Robert Frazer, Esq. Edinburgh,	.	.	1
Mr. William Galbraith, teacher of mathematics, Edinburgh,	.	.	1
M. Gardnier, ingenieur,	.	.	1
Robert Geddes, Esq. mining engineer,	.	.	1
M. Genieyees, ingenieur en chef à Thoulouse,	.	.	1
M. Gengembre, director de la fonderie de la Marine,	.	.	1
James Gillespie Graham, Esq. architect, Edinburgh,	.	.	1
Messrs. Claud Girdwood and Co. engineers, Glasgow,	.	.	12
Thomas Grainger, Esq. surveyor and engineer, Edinburgh,	.	.	2
Mr. George Grieve, mining engineer, Musselburgh,	.	.	1
Mr. James Grieve, coppersmith, Edinburgh,	.	.	1
Mr. George Gun, builder, Leith,	.	.	1
James Hay, Esq. Edinburgh Ropery,	.	.	1
Messrs. Hawkes, Sons, and Co. Iron Works, Newcastle,	.	.	1
Sir John Hope of Craighall, Bart.	.	.	5
Messrs. Nicholson and Hool, Sheffield,	.	.	1
Mr. J. W. Horne, Edinburgh City Public Works Office,	.	.	1
James Hunter, Esq. of Thurston,	.	.	1
John Hutton, Esq. Leith Ropery,	.	.	1

SUBSCRIBERS' NAMES.

ix

up

88

Copies.

Ibboston Brothers, Sheffield,	1
Mr. Adam Jackson, Glasgow,	1
James Jardine, Esq. civil engineer, Edinburgh,	2
Mr. Richard Jenkins, civil engineer, Calcutta,	1
Sir Alexander Keith of Dunotter,	1
Le Chevalier Lainé, consul for France,	1
Mr. M'Grigor Laird, Liverpool,	4
Mr. James Laird, Glasgow,	1
G. Lamé, ingénieur au service de Russie, a Paris,	1
John Leslie, Esq. professor of natural philosophy, Edinburgh,	1
Mr. Andrew Liddle, Glasgow,	1
John Lizars, Esq. surgeon, Edinburgh,	1
Mr. W. H. Lizars, engraver, Edinburgh,	1
Michael Longridge, Esq. Bedlington Iron Works,	1
M. Magués, ingenieur en chef à Thoulouse,	1
Mr. John Marshall, Student, Nat. Phil.	2
Le Chevalier Masclet, late consul of France,	5
M. Mallet, ingenieur en chef des ponts et chaussées, chargé de travaux hydrauliques à Paris	1
Mr. Robert M'Donald, Musselburgh,	1
Aitkin Megget, Esq.	1
James Merry, Esq. Glasgow,	1
James Milne, Esq. brassfounder, Edinburgh,	1
Mr. Charles Milne, builder and architectural surveyor, Forfar,	1
Mr. Robert Mitchell, timber merchant, Musselburgh,	1
Mr. Robert Monteath, King's Forester, Pittenweem,	1
T. de Montricher d'ingénieur des ponts et chaussées, a Paris,	1
William Murray, Esq. Glasgow,	1
Mr. George Mushet, ironmonger, Dalkeith,	1
John M'Vicar, Esq. Edinburgh,	1
John Neilson, Esq. engineer, Glasgow,	1
Lord Newton, Edinburgh,	1
Mr. Robert Neil, wright, near Musselburgh,	1
Mr. A. Nicholson, agricultural implement maker, Edinburgh,	1
Mr. Robert Nisbet, builder, Musselburgh,	1
Mr. David Nisbet, Commercial Bank, Musselburgh,	1
Mr. Oldham, Bank of Ireland,	1

SUBSCRIBERS' NAMES.

	Over	133
		Copies.
Messrs. Paterson and Mitchell, smiths, Edinburgh,	.	1
M. Aguste Perdonet, ingenieur en chef a Paris,	.	1
Messrs. Perrot and Co. engineers, Cork,	.	2
Wm. William Phipps, Esq. Cramond Iron Works,	.	1
M. de Prony, pour le Bureau des ponts et chaussées,	.	2
Mr. Wm. Pugh, chemist, Edinburgh,	.	1
Mr. Ingles Reoch, Cramond Iron Works,	.	1
Wm. Robertson, Esq. Glasgow,	.	1
John Robison, Esq. Atholl Crescent, Edinburgh,	.	2
Mr. Gavine Rowatt, Royal Engineers' Office,	.	1
Mr. Alex. Russel, Kirkcaldy Foundry, Kirkcaldy,	.	1
Mr. John Ruthven, patent press manufacturer, Edinburgh,	.	1
James Scarth, Esq. Leith,	.	1
George Scott, Esq. Jedburgh,	.	1
John Scott, Esq. Greenock,	.	1
Alexander Scott, Esq. Ormiston,	.	1
Messrs. W. Simmons and Co. Glasgow,	.	1
George Skid, Esq. engineer, Dunbar,	.	1
Mr. Alexander Sinclair, draughtsman, Edinburgh,	.	1
James Smith, Esq. Deanstoun Cotton Mills,	.	1
Mr. George Smith, student of medicine,	.	2
Highland Society of Scotland,	.	1
Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, a Paris,	.	3
Robert Stevenson, civil engineer, Edinburgh,	.	1
Thomas Telford, Esq. civil engineer,	.	5
Robert Thomson, Esq. Glasgow,	.	1
Arthur Trevellyan, Esq. Wallington, Newcastle-upon-Tyne,	.	1
Andrew Waddell, Esq. Leith,	.	2
Right Honourable Earl of Wemyss,	.	5
Robert Yuille, Esq. Glasgow,		

Subscribers *Copies 170*

TO THE SUBSCRIBERS.

GENTLEMEN,

I thank you for the very liberal encouragement you have given to my exertions in the present instance ; and I beg to intimate, that, should a sufficient number of subscriptions be obtained, to warrant the belief that such a thing is wanted, I intend to follow up the present work with two similar plates, and a description of the *best double-acting engine* in Scotland or in England. Those who intend to subscribe for the second work, will please intimate their wishes to me, or to any of the booksellers whose names are inserted in the title page of the present work.

I must, however, apologize for the length of time which has been expended in completing the present subject. Having got into a dispute with the artist first employed to engrave the large plates, it was necessary to employ another. If, therefore, a second work should be wanted by the public, it would be supplied in less than half the time expended on the present one.

The price to those who have subscribed for the present work,* and who wish to have the above mentioned second part separately, will be £1, 1s.

To those who have subscribed for the present work, but intend to have the present along with the above mentioned second part, £2, 2s.

To those who have not subscribed for the present work, but who wish to have both parts of the intended work, £2, 13s. 6d.

JOHN MILNE.

Edinburgh, 10, St. James' Square.

* A few impressions of the plates were taken in lines, and subscribers may have copies of them, at 15s. 6d. each, by applying to the author. These plates are excellent subjects for shading.

by adding the power of those engines which have been constructed subsequent to that estimate being formed, perhaps the total extent to which steam power is, at present, applied in these kingdoms, may be equivalent to the power of 380,000 horses.

The engine about to be described, from its dimensions, its accuracy of proportion, and elegant workmanship, merits attention. It was constructed in 1827, by Messrs. Claud Girdwood and Co. of Glasgow, for draining the coal mines of New Craighall, (formerly Stoneyhill) part of the extensive mineral fields belonging to the Right Honourable the Earl of Wemyss. The proximity of this field to those belonging to Sir John Hope, was, to the best of my knowledge, an inducement for the latter to take it in lease. The mine is in the immediate vicinity of the Edinburgh and Dalkeith railway; and an inclined plane has been cut from the surface down to the bottom of the mine, from which the coals will be placed in waggons at the bottom of the pit, and drawn from thence by a steam engine, which is erected at the entrance of the arched tunnel, and finally conveyed in the same vehicles to the city of Edinburgh: thus a saving of expense in loading and reloading will be effected, and deterioration of the coal by the weather at the same time prevented.

That such a work as the present was much wanted has been proved by the number of subscriptions received for it. The small scale, and detached form on which steam engines are usually represented, convey but an imperfect idea of the parts on which the motions of the machine entirely depend; thereby rendering mysterious that which ought to be clearly understood, not only by practical engineers, but also by men of science, or even by those of common mechanical curiosity. The present work was undertaken with the intention of obviating such defects; and it is hoped, that, from the connected views given of the New Craighall machine, the Plates and Description will be of use to all who take an interest in mechanical

continuel ; et en y ajoutant la force des machines qu'on a construit depuis ce calcul, la force totale provenant de la vapeur dont on se sert dans ce moment, peut équivaloir à celle de 380,000 chevaux.

La machine que nous allons décrire mérite l'attention tant par ses dimensions et l'exactitude de ses proportions, que par sa construction élégante. Elle fut construite en 1827 par MM. Claud Girdwood et Cnie. de Glasgow, pour dessécher les mines de charbon de New-Craighall (autrefois Stoneyhill) qui fait partie des vastes champs minéraux qui appartiennent au Right Honourable the Earl of Wemyss. La proximité de ce champ à ceux qui appartiennent à Sir John Hope, fut la cause, à ce que je crois, que ce dernier le prit en bail. La mine est à côté du chemin de fer entre Edimbourg et Dalkeith ; et l'on a coupé un plan incliné depuis l'entrée de la mine jusqu'au fond, d'où le charbon (étant mis dans des chariots) sera tiré par une machine à vapeur qu'on a construite à l'entrée du souterrain, et puis transporté dans les mêmes chariots à Edimbourg : par là l'on économisera la dépense tant pour charger que pour recharger, et en même tems ou empêchera que le charbon ne se trouve détérioré par le mauvais tems.

Il a été prouvé par le nombre des souscriptions qu'on a reçues pour cet ouvrage qu'on en avait grand besoin. La petitesse de l'échelle et la forme détachée dans lesquelles on représente ordinairement les machines à vapeur n'offrent qu'une idée imparfaite des parties qui donnent le mouvement à la machine ; ce qui rend la chose mystérieuse au lieu d'être clairement comprise non seulement des ingénieurs mais aussi des savans, ou même des personnes qui ont du gout pour la mécanique. On a entrepris le présent ouvrage pour remédier à de tels défauts ; et l'on se flatte que, comme on a donné des dessins complets de la machine à New Craighall, que les Planches et les Déscriptions deviendront utiles à tous ceux qui se trouvent intéressés dans la Mécanique. On a ajouté quel-

subjects. A few practical remarks are subjoined; which may be useful at least to those who have not had long experience in the construction of steam engines.

Seeing that many excellent treatises, illustrative of science and of arts, emanate from France and from other continental states, I have had the work translated into the French language; in order that the junior class of my readers in this, and in other countries, may comprehend in either language, the technicalities which belong to the subject. However, from the work having been translated by an Englishman, there may be in some places a deficiency in point of expression, which will, it is hoped, be excused by the French reader.

The Appendix will be found interesting. The experiments were conducted with great care; and the dynamometrical indications of draught were very satisfactory.

Page 30, line 20, for "and the inside of the receiver was, during the influx of air, perfectly illuminated," read—sufficiently illuminated to enable the experimenter to perceive the circular ribs.

Page 88. From recent experiments with improved engines, by Claud Girdwood and Co. they discovered that 20 lbs. of culm per hour produced an effect equal to a horse power.

NOTE.

Page 34.—Had the mercury used in this experiment been pure, its height in the tube $16\frac{1}{2}$ inches, would have indicated a degree of rarefaction within the receiver, corresponding to that of the atmosphere at an altitude of about 23,000 feet above the level of the sea; but as I did not know the exact specific gravity of the fluid employed, I have assumed a corresponding elevation in the atmosphere, at considerably less than that which the formula would give, had the mercury been of common density.

ques remarques pratiques, qui peuvent être utiles, surtout à ceux qui n'ont pas eu une longue expérience dans la construction des machines à vapeur.

Comme on a publié des traités excellens sur les arts mécaniques en France et dans les autres états du continent, j'ai fait traduire l'ouvrage en Français; afin que mes jeunes lecteurs, dans ce pays-ci, aussi bien que dans d'autres, puissent comprendre les mots techniques qui ont rapport au sujet, dans l'une et l'autre langue. Comme l'ouvrage a été traduit par un Anglais, on y trouvera peut-être quelques défauts de langage, mais nous espérons que les lecteurs Français les excuseront.

On trouvera le Supplément intéressant. Les expériences ont été faites avec beaucoup de soin, et les indications du Dynamomètre qui y sont détaillées, sont tout-à-fait satisfactories.

Page 30, ligne 20, aulieude "et comme l'intérieur du récipient était complètement illuminé," lisez—assez éclairé pour mettre l'expérimenteur en état d'apercevoir les cercueaux.

Page 88. D'après les expériences récentes faites avec des machines perfectionnées par Claud Girdwood et Cnie. on découvrit que 20 livres de fraisil par heure produisirent un effet égal à la force d'un cheval.

NOTE.

Page 34.—Si le mercure dont on s'est servi dans cette expérience eut été pur, son élévation de $16\frac{1}{2}$ pouces Anglais, aurait donné une rarefaction égale à celle de l'atmosphère au une hauteur d'environ 23,000 pieds Anglais, au dessus du niveau de la mer ; mais ne connaissant pas exactement le poids spécifique du mercure dont je me suis servi, j'évalue la rarefaction à quelque chose de moins.

In the experiments detailed at page 90, it is not improbable that the valves of Mr. Wolf's pump-piston were incapable of shutting completely, or that water escaped by the side of the working box, or that the speed was such as to prevent the water following the piston; in either of which cases a very fallacious result would be obtained—by multiplying the capacity of the pump at the working part, by the number of strokes in a given time, and assigning their product to the quantity of water discharged; indeed, it is impossible to account for the great apparent superiority of the method employed at Wheal-Vor, for generating steam without assigning some such cause of error in the experiments. In experiments conducted by Messrs. De Prony and Mallet, by order of the French government, to ascertain the relative economy of fuel in two pumping engines near Paris, one of which was a common condensing engine, and the other on Mr. Wolf's plan, and both raising water from the river Seine into the same reservoir, they found an advantage of about 12 per cent. in Wolf's engine when it was working at its most favourable velocity; but a disadvantage when it worked quicker. It raised more water into the reservoir when working at 16 strokes per minute than it did when making 21. In these experiments, the effect was not calculated by the number of strokes multiplied by the capacity of the pump, but was measured *by the actual quantity of water discharged.*

Dans les expériences détaillées page 90, il est probable que les soupapes du piston de la pompe de M. Woolf se fermassent mal, ou que l'eau échappât par les cotés ; ou que la vitesse de la course fut trop grande pour permettre que l'eau suivît le piston ; dans tous ces cas, on obtiendroit un faux resultat en multipliant la capacité du corps de la pompe par le nombre des courses, pour trouver la décharge. Il seroit difficile de rendre raison de la supériorité apparente de la machine de Wheal-Vor sans supposer quelque erreur dans les expériences. D'apres des expériences faites à Paris par MM. De Prony et Mallet pour determiner la consommation de combustible de pompes à feu, dont l'une étoit à condensation, et l'autre selon la construction de Woolf, et tous les deux elevant l'eau de la Seine au même réservoir, on trouva une économie de 12 pr. cent. dans la machine de Woolf, jusqu'à une certaine vitesse ; mais cette vitesse excédée, on trouva une désavantage. La quantité d'eau rendu dans le réservoir étais plus grande avec 16 courses du piston par minute qu'avec 21 courses. Dans les expériences de MM. De Prony et Mallet on determina la quantité de l'eau élevé, en la jaugeant, et non par calcul.



AGENTS

EMPLOYED IN THE ACTION OF A

S T E A M E N G I N E.

AGENTS EMPLOYED IN THE ACTION OF A STEAM ENGINE.

§ 1. THREE agents are employed in the action of a Steam-engine—water, steam, and the weight of the atmosphere. The manner of acting, and quantum of effect produced by each agent point out the necessity of considering them separately.

§ 2. Water holds in solution a portion of air and other ingredients ; a fact first noticed by Boyle, and subsequently investigated by Scheele, Carradori, Hassenfratz, and others. The results obtained from their investigations support the conclusion that rain, spring, river, well, lake, marsh, and mineral waters contain nearly the same proportion of air, which is $\frac{1}{8}$ th part of their bulk. These waters also contain a minute portion of carbonic acid gas, which does not exceed $\frac{1}{100}$ th part of their volume ; but mineral waters contain a greater quantity. Carbonic acid was first discovered in Pyrmont water by Dr. Brownrig. It is the most common ingredient in mineral waters, 100 cubic inches of the water generally containing from 6 to 40 cubic inches of this acid gas. According to Westrum, 100 cubic inches of Pyrmont water contain 187 cubic inches of it, or almost double its

TRADUCTION LITTÉRALE.

DES AGENS

DONT ON SE SERT DANS

LA MACHINE À VAPEUR.

§ 1. On se sert de trois agens de mouvement d'une Machine à vapeur—l'eau, la vapeur, et le poids de l'atmosphère. La manière d'agir, et l'effet qui chaque agent produit demande qu'on les traite séparément.

§ 2. L'eau contient en solution une portion d'air et d'autres ingrédients ; fait indiqué prémièrement par Boyle, et prouvé ensuite par Scheele, Carradori, Hassenfratz, et d'autres. Les résultats qu'on a obtenus de leurs recherches donnent la preuve convainquante que l'eau de pluie, de source, de rivière, de puits, de lac, de marais, et même les eaux minérales contiennent à-peu-près la même proportion d'air, qui est $\frac{1}{10}$ partie de leur volume. Ces eaux contiennent aussi une petite portion de gaz acide carbonique, qui n'excède pas $\frac{1}{100}$ partie de leur volume ; mais les eaux minérales en contiennent une plus grande quantité. Le Dr. Brownrig est le premier qui découvrit l'acide carbonique dans les eaux de Pyrmont. C'est l'ingrédient qui se trouve le plus ordinairement dans les eaux minérales, parceque 100 pouces cubes d'eau contiennent en général de 6 à 40 pouces cubes de ce gaz acide. Selon Westrom, 100 pouces cubes d'eau de Pyrmont contiennent 187 pouces cubes de gaz acide,

own bulk.* But all these lose their air by boiling,† and it has been found that snow-water, when newly melted, is destitute of all gaseous bodies.‡

§ 3. The weight of a cubic foot of water, according to Robison's experiments, is 998.74 avoirdupois ounces when its temperature is 55°; but more recently, by the Commissioners appointed to regulate the weights and measures of these kingdoms, it was ascertained, "That a cubic inch of distilled water, weighed in air by brass weights, at the temperature of 62 deg. Fah. and the barometer at 30 inches, is equal to 252.458 grains; and as the standard troy pound contains 5760 such grains, and the avoirdupois pound 7000," we can easily ascertain the weight of a cubic foot of water either in imperial troy or avoirdupois pounds. Thus $\frac{252.458 \times 1728}{7000} = 62.321 \frac{424}{7000}$ lbs. avoirdupois, the weight of a cubic foot of water.

But as steam engines are generally supplied from running water, its weight should be accounted somewhat higher. Dr. Wyberd and others have often found that a cubic foot of running water was equal to 62.5 lbs. avoirdupois.

§ 4. Water, at all temperatures above the freezing point, is liable to evaporation; but after having been boiled, it is less volatile, "because by boiling the more subtle particles have already flown away."||

§ 5. Water exposed to the open air, and heated to about 200°, produces a dense white cloud of vapour. The heat having penetrated a number of the more volatile particles, expands them into the form of a sphere, and being thereby specifically lighter than the elementary mass, they rise

* See Dr. Thomson's Chemistry, vol. iii. art. Water.

† Ency. Britannica, art. Steam.

‡ Bergman; or Thomson's Chemistry, art. Water.

|| Musschenbroek, Nat. Phil. vol. i. p. 318.

c'est-à-dire à peu près de double de son volume.* Mais toutes ces eaux perdent leur air en étant bouillies,† et on a trouvé que l'eau de neige qui vient d'être fondue, est privée de tous les corps gazeux.‡

§ 3. Le poids d'un pied cube d'eau, selon les expériences de Robison, est de 998.74 onces d'avoirdupois, lorsque sa température est à 55°; mais dernièrement les Commissionnaires nommés pour régler les poids et les mesures de la Grande Bretagne, ont été convaincus qu'un pouce cube d'eau distillée, pesé dans l'air, avec des poids d'airain, à la température de 62 degrés de Fah. et le baromètre à 30 pouces, est égal à 252.458 grains; et comme la livre maintenant imperial contient 5760 de tels grains, et la livre de 16 onces (avoirdupois) 7000, on peut connaître facilement le poids d'un pied cube d'eau, soit en livres imperiales ou en livres d'avoirdupois. Ainsi

$$\frac{252.458 \times 1728}{7000} = 62.321 \frac{424}{7000}$$

livres d'avoirdupois, est le poids d'un pied cube d'eau.

Mais, comme les machines à vapeur sont en général alimentées d'eau courante, on doit compter sur un plus grand poids. Wyberd et d'autres ont souvent trouvé qu'un pied cube d'eau courante était égal à 62.5 livres d'avoirdupois.

§ 4. L'eau, dans toutes les températures au-dessus du point de congélation, est sujette à l'évaporation; mais après avoir été bouillie, elle est moins volatile, "parcequ'en la bouillant, les particules les plus déliées s'étaient exhalées sur le champ."||

§ 5. L'eau exposée en plein air, et chauffée à environ 200° produit une nuée épaisse et blanche de vapeur. La chaleur ayant pénétré un nombre de particules les plus volatiles, elle les étend dans la forme d'une sphère, et étant par-là devenues plus légères que la masse de l'éle-

* Voyez La Chimie de M. Le Dr. Thomson.

† Ency. Britannica, art. Steam.

‡ Bergman; ou La Chimie de Thomson, art. Water.

|| Musschenbroek, Phil. Nat. vol. i. p. 318.

to its surface, and ascend into the atmosphere, where they vanish by condensation. The immediate cause of the vapour being perceptible by the sight is the reflection of light from the spherules of which the cloud is but a conglomerated mass ; we shall so term this body, because it is composed of a number of different spherules, and these, however close to each other they may be placed, necessarily, from their shape, inclose an intervening substance within the cavities formed by the simple contact of their peripheral surfaces. This secondary substance is air.

§ 6. Steam at 212° , and above that temperature, is invisible. Caloric* having now so intimately combined with the aqueous particles which constitute steam, and the various atoms of which these spherules are composed being also distended by their absorption of heat, they constitute a body almost entirely composed of the matter of heat, holding in suspension or combination a minute portion of water ; and the particles of this cellular mass being increased in number, but lessened in magnitude, elude our sense of sight—hence it is said to be transparent. “ Steam of this temperature contains 950° of heat, which is not detected by the thermometer ; while it retains the gaseous state, its real quantity of heat will be $950^{\circ} + 212^{\circ} = 1162^{\circ}$; consequently, if we mix a quantity of steam with $5\frac{1}{2}$ times its weight of water, at 32° , the temperature of the water will rise nearly to the temperature of ebullition, because $5\frac{1}{2} \times 32^{\circ} + 32 = 208^{\circ}$. Hence the great utility of steam, not only in manufactures where great quantities of hot water are required, but also for drying whatever is liable to combustion.”† It has also been found by many experiments, that when

* Heat for many ages was employed to express the effects produced by a peculiar condition of bodies, but the more precise nomenclature of modern philosophers has inserted *caloric* to designate the cause, while the word *heat* is, strictly speaking, only applicable to the effect.

† Edinburg. Ency. art. Steam.

ment, elles s'élèvent vers sa surface, et montent dans l'atmosphère, où elles se dispersent par la condensation. La cause immédiate de ce que l'œil apperçoit la vapeur est la réflexion de la lumière des globules dont la nuée n'est qu'une masse conglomérée; nous appellons ainsi ce corps, parcequ'il est composé d'un nombre de différens globules, et quelque proche que ces derniers soient placés l'un de l'autre, ils renferment nécessairement par leur forme une substance intermédiaire dans leurs cavités qui sont formées simplement par le contact de leurs surfaces circulaires. Cette substance secondaire est l'air.

§ 6. La vapeur a 212° et au-dessus de cette température, est invisible. Le calorique* étant maintenant si parfaitement combiné avec les particules aqueuses qui forment la vapeur, et les différens atomes dont ces globules sont composés, étant rendus si élastiques en absorbant la chaleur, ils constituent un corps presqu' entièrement composé de chaleur, qui tient en suspension ou combinaison une petite portion d'eau; et les particules de cette masse cellulaire étant augmentées en nombre, mais diminuées en grandeur, échappent à la vue—de-là on l'appelle transparente. "La vapeur de cette température contient 950° de chaleur, ce qu'on ne découvre pas par le thermomètre; tandis qu'elle retient l'état gazeux, sa vraie quantité de chaleur sera $950^{\circ} + 212^{\circ} = 1162^{\circ}$; par conséquent si l'on mêle une quantité de vapeur avec $5\frac{1}{2}$ fois de son poids d'eau, à 32° , la température de l'eau montera à peu près de la température d'ébullition, parceque $5\frac{1}{2} \times 32^{\circ} + 32 = 208^{\circ}$. D'ici l'on apercevra la grande utilité de la vapeur, non seulement dans les manufactures où l'on a besoin de grandes quantités de l'eau chaude, mais aussi pour sécher tout ce qui est sujet à la combustion."† On a trouvé aussi après bien des expériences, que l'eau,

* On s'est servi pendant bien des siècles du mot *chaleur* pour exprimer les effets que produit la condition particulière des corps, mais les philosophes modernes dans leur nomenclature, qui est plus exacte, ont inséré *calorique* pour désigner la cause, tandis que le mot *chaleur*, pour parler avec justesse, ne s'applique qu'à l'effet.

† Edinburg. Ency. art. Steam.

exposed in an open vessel to the action of fire, water, however great the heat applied, cannot be made to indicate a higher temperature than that which at first produced ebullition, namely, 212° ; steam will be evolved in greater or less abundance according to the heat applied, but the temperature of steam and water will be the same as before; because each fugitive spherule envelopes a portion of heat with which it flies off into the atmosphere. But by confining steam within the vessel in which it is generated, the heat is also detained, and accumulating in quantity, causes the steam to assume a strong expansive property.

§ 7. Water, when heated to 212° , becomes expanded to between 1700 and 1800 times its original bulk, and can expel all the air from any vessel in which it may be generated; thus if we boil off a cubic foot of water at this temperature, the steam produced will fill a vessel whose capacity is 1728 cubic feet. But steam is not a perfectly aqueous body, for its elementary water contains $\frac{1}{1728}$ th part of its bulk of air (§ 2.), which also must, by its expansive properties, be suspended in an attenuated state; hence the impossibility of obtaining a perfect vacuum by the condensation of steam. Mr. Dalton has satisfactorily proved that the expansion of air from 55° to 212° is, for each degree of temperature, equal to $\frac{1}{1728}$ d part of its bulk; hence it is easy to find its expanded volume in steam at any temperature. Since 1728 cubic inches of water at 55° give $\frac{1}{1728}$ th part of air = 61.7143 inches nearly, which by every additional degree of temperature becomes increased $\frac{1}{1728}$ d part of its bulk, we have

$$\frac{61.7143}{483} = 0.1278, \times \overline{212^{\circ} - 55^{\circ}} = 20.0646,$$

+ $\frac{61.7143}{81.7789}$ original bulk,
cubic inches, or

expanded volume of air in 1728 cubic feet of steam, its temperature being 212° .

exposée dans un vaisseau ouvert à l'action du feu, quelque forte que soit la chaleur qu'on y applique, ne peut nullement indiquer une température plus élevée que celle que l'ébullition avait produite au commencement, c'est-à-dire à 212° ; la vapeur peut s'exhaler plus ou moins abondamment selon la chaleur qu'on y applique, mais la température de la vapeur et de l'eau sera la même qu'auparavant; parceque chaque globule fugitif enveloppe une portion de chaleur avec laquelle il s'envole dans l'atmosphère. Mais lorsqu'on renferme la vapeur dans le vaisseau où elle se produit, la chaleur y reste aussi, et l'augmentation progressive de cette dernière fait que la vapeur acquiert une vertu puissante et élastique.

§ 7. Quand l'eau est chauffée à 212° , le volume devient 1700 ou 1800 fois plus grand qu'il ne l'était originellement, et peut chasser entièrement l'air de tout vaisseau dans lequel il s'est formé; ainsi si l'on faisait bouillir un pied cube d'eau à cette température, la vapeur qu'elle produirait remplirait un vaisseau dont la capacité serait de 1728 pieds cubes. Mais la vapeur n'est pas un corps parfaitement aqueux, parceque son eau élémentaire contient $\frac{1}{15}$ partie de son volume d'air, (§ 2,) qui, par ses qualités élastiques, doit être suspendu dans un état d'iner-tie; de-là vient l'impossibilité d'obtenir un vide parfait par la condensation de la vapeur. M. Dalton a prouvé d'une manière satisfaisante, que l'élasticité de l'air de 50° à 212° est égale à $\frac{1}{15}$ partie de son volume pour chaque degré de température; de-là on peut aisément trouver le volume d'élasticité que la vapeur possède, n'importe à quelle température. Puisque 1728 pouces cubes d'eau à 55° donnent $\frac{1}{15}$ partie d'air = à peu près à 61.7143 pouces, qui à chaque degré additionnel de température s'augmente de la $\frac{1}{15}$ partie de son volume, nous avons

$$\frac{61.7143}{483} = 0.1278, \times \overline{212^{\circ} - 55^{\circ}} = 20.0646,$$

+ 61.7143 volume original,
81.7789 pouces cubes, ou

volume étendu d'air dans 1728 pieds cubes de vapeur, étant à la température de 212° .

From the experiments of Mr. Dalton, Gay Lussac, and other eminent philosophers, we learn, that steam of water, vapour of ether, and in general all elastic fluids, expand equally and uniformly by the same temperature; that is, the same addition of heat produces in each of them the same increase of volume.

§ 8. Steam at 212° is sufficiently elastic to expel all the air from any vessel in which it may be generated; yet, although that vessel had no assignable strength, it could not be burst by the steam within it; for the expansive power of this steam is just equal to the pressure of the atmosphere on the outside of the vessel. But since the steam is able to push out all the air from any vessel into which it may be injected, it follows that, by annihilating the steam within it, the sides of the vessel would be crushed together by the atmospheric pressure. Steam is easily annihilated, or, more properly speaking, reduced to its elementary water, by the abstraction of its heat, which can be easily performed by throwing into its mass a jet of cold water; on which a vacuum is formed, minus the portion of air that was in the jet, and elementary water of the steam.

§ 9. Steam, then, appears to be a chemical union of caloric with water; which, in common with other substances similarly situated, exerts a mechanical energy from its particles becoming enlarged by their absorption of heat. This enlargement, and consequent repulsion of the particles of water, produce what is termed the expansive force of steam; a force which may be excited by increasing the temperature of this gaseous body, (§ 7.) but much more so, by increasing the temperature of its elementary water; in which case, the increments of its expansive force increase faster than those of its temperature. The following are some of the results obtained by experiment:—

On sait, par les expériences de M. Dalton, Gay Lussac, et d'autres philosophes distingués, que la vapeur d'eau, d'éther, et en général tous les fluides élastiques, s'étendent également et uniformément à la même température ; c'est-à-dire, que les mêmes accroissements de chaleur produisent dans tous les mêmes augmentations du volume.

§ 8. La vapeur à 212° est assez élastique pour chasser complètement l'air d'un vaisseau quelconque dans lequel elle peut avoir été produit ; néanmoins, quoique ce vaisseau n'ait point de force prescrite, la vapeur intérieure ne peut le crever ; car le pouvoir élastique de cette vapeur est précisément égal à la pression de l'atmosphère au dehors du vaisseau. Mais puisque la vapeur a la force de faire sortir entièrement l'air d'un vaisseau dans lequel on a pu la faire entrer, il s'ensuit que, si la vapeur se trouvait condensée dans l'intérieur du vaisseau, tous les côtés de ce même vaisseau seraient brisés, par la pression de l'atmosphère. On peut facilement anéantir ou condenser, ou pour mieux dire, on peut réduire la vapeur à son élément primitif, qui est l'eau, en lui ôtant sa chaleur ; ce que l'on peut faire aisément en introduisant intérieurement une injection d'eau froide ; sur quoi, il se forme un vide, excepté la portion d'air qui fesait partie de l'injection et l'eau provenant de la vapeur condensée.

§ 9. Ainsi donc la vapeur paraît être une union chimique de calorique et d'eau, qui, comme les autres substances semblablement rapprochées l'une de l'autre, produit une force mécanique à raison de l'accroissement de ses particules créé par l'absorption de la chaleur. Cet accroissement et l'effet de la répulsion des particules de l'eau produisent ce qu'on appelle le pouvoir élastique de la vapeur ; pouvoir que l'on peut exciter en augmentant la température de ce corps gazeux, (§ 7.) et plus encore, en élevant la température de son eau élémentaire ; dans ce cas-là, les degrés de sa force élastique s'accroissent plus vite que ceux de sa température. Les résultats suivans sont parmi ceux que les expériences ont fait obtenir :—

By Mr. Watt.

Steam at the temperature of gave an elastic force equal to inches of Mercury.

213° of Faht.	30
215	31
217	32
219	33
220.5	34
222	35
223.5	36
225	37
226.5	38
228	39
229.5	40
231	41
232.5	42
234	43

By Mr. Philip Taylor.

Steam at the temperature of gave an elastic force equal to inches of Mercury.

214°	31.00
216	32.30
217	33.00
218	33.70
219	34.2
220	35
221	35.5
222	36.2
223	37.00
224	37.5
225	38
226	38.8
227	39.5
228	40.2

X
And according to Mr. Wolf, also, by experiment.

Force in lbs. per sqr. inch.	Degrees of heat.	Times its volume.
5	227.50	5
6	230.25	6
7	232.75	7
8	requires to be maintain- ed by a tempera- ture equal to about	8
9	235.25	9
10	237.50	10
15	239.50	15
20	250.50	20
25	259.50	25
30	267.00	30
35	273.00	35
40	278.00	40
	282.00	

Steam of an elastic force predominating over the pressure of the atmosphere on a safety valve with a

and continues equal in elasticity to the pressure of the atmosphere.*

* These facts naturally involve the question whether the high pressure and low pressure steams contain the same quantity of caloric, relative to the number of volumes to which the former can expand contrasted with the latter;—if they do contain the same quantity of heat, from whence can any saving of fuel be effected by the use of highly elastic steam? Is it possible that the fuel evolves a greater sum of heat when strongly ignited, than when it is allowed to burn slowly?—that it does, is not precisely agreeable to the general nature of things. But a saving in this way, most likely, is effected by the heat being more concentrated than in the furnace and steam vessels of the common condensing engine; hence a less portion of heat is abstracted by the surrounding air. And also, from the length of time expended in giving out a quantity of heat from the fuel in common engines, perhaps a greater proportion of it escapes by the chimney than can take place where this opening is comparatively small, ignition strong, and the time of absorption of heat by the steam much shorter.

Par M. Watt.

Par M. Philip Taylor.

La vapeur à la température de	donna une force élastique égal à pouces de mercure.	La vapeur à la température de	donna une force élastique égal à pouces de mercure
213° de Fahrt.	30	214°	31.00
215	31	216	32.30
217	32	217	33.00
219	33	218	33.70
220.5	34	219	34.2
222	35	220	35
223.5	36	221	35.5
225	37	222	36.2
226.5	38	223	37.00
228	39	224	37.5
229.5	40	225	38
231	41	226	38.8
232.5	42	227	39.5
234	43	228	40.2

Et selon les expériences de M. Wolf.

Force en livres par pouce carré.	Degrés de chaleur.	Fois autant que son volume.
5	227.50	5
6	230.25	6
7	232.75	7
8	doit être ré-	8
9	glée par une	et le degré
10	tempéra-	d'élasticité
11	ture égale à	est toujours
12	environ	égal à la
13		pression de
14		l'atmo-
15		sphère.*
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40	282.00	40

* Ces faits naturellement donnent lieu à la question suivante, savoir, si la vapeur à un grand degré ou à un petit degré de pression contient la même quantité de calorique, relativement au nombre comparatif de volumes que celui-ci ou celui-là peut occuper ;—si elles contiennent la même quantité de chaleur, comment peut-on économiser le chauffage, par l'usage d'une vapeur puissamment élastique ? Peut-on croire que le chauffage émette une plus grande chaleur en étant constamment attisé, que quand on le laisse brûler lentement ?—si cela était, ce ne serait pas tout-à-fait selon la nature des choses en général. Mais en concentrant la chaleur, il est probable qu'on puisse plus économiser qu'on ne le fait avec les fourneaux et les chaudières qui appartiennent aux machines à vapeur ordinaires ; car, par là, l'atmosphère absorbe une moindre portion de chaleur. En outre, la longeur du tems qu'on emploie à produire une quantité de chaleur avec le chauffage des machines ordinaires en fait échapper peut-être une plus grande quantité par la cheminée, que cela ne pourrait avoir lieu, si cette ouverture était comparativement petite, si le feu était ardent, et si l'espace de tems que la vapeur prend à absorber la chaleur était bien plus court.

§ 10. The elasticity and density of steam appear to be exactly proportional to each other. Mr. Southern, at the request of Mr. Watt, made some experiments, with a view to ascertain this point. Having heated the water in its boiler, the steam produced was measured off into a cylinder having a piston, which clearly pointed out when the vessel was full; while the number of its strokes performed in each experiment, being multiplied by the known capacity of the cylinder gave the volume, and the quantity of water gained by condensation, pointed out the density of steam so measured off. "The following Table contains the principal facts ascertained by these experiments.

Temperatures of steam						
Fah. 229°	gave an elasticity in the boiler, in inches of mercury,	40	39.53			
270°	80	180.09	20.29			
295°	120 of which there was measured off, in cubic feet,	125.66	19.45	and this, being multiplied by 27.65, the number of cubic inches in a pound weight, gives	553.0000	1.430
				553.7925	2.940	which, being divided by the number of cubic feet measured off, gives cubic inches of water to form each cubic foot of steam.
					4.279	

And these numbers are proportional to 40.00, 82.24, and 119.692,* the relative densities; while the elasticities were as 40, 80, and 120 respectively. These results appear to support the conclusion that the density of steam is nearly, if not accurately proportional to its elasticity; at least this may be affirmed of it within the limits of these experiments;" hence we shall be able to ascertain the density of steam at any elasticity. Thus, if steam supported 29.88 inches of mercury, then say 40 : 1.430 ::

* That is, 1.430 : 40.00 :: 2.940 : 82.24; and 1.430 : 40.00 :: 4.279 : 119.692.

§ 10. L'élasticité et la densité de la vapeur paraissent être en raison directe l'une de l'autre. M. Southern, à la demande de M. Watt, fit quelques expériences afin de vérifier ce fait. Après avoir fait chauffer l'eau dans la chaudière ou bouilloire, il mesura la vapeur qu'elle produisit, dans un cylindre muni d'un piston, qui indiqua évidemment quand le vaisseau était plein ; alors non seulement le nombre des impulsions qui eurent lieu à chaque expérience, étant multiplié par la capacité connue du cylindre, donna le volume, et la quantité d'eau amassée par la condensation, mais il montra aussi la densité de la vapeur qu'on avait jaugée. " La Table suivante contient les faits principaux que ces expériences ont prouvés.

Les températures de la vapeur	Fah. 229°	donnèrent une élasticité dans la chaudière, en pouces de mercure,	40	39.53				
	270°	80	180.09		20.29	20.29		
	295°	120	125.66	qui produisèrent, par la condensation, en livres pesant,	20.00	et celles-ci, étant multipliées par 27.65, le nombre de Pouces cubes dans une livre pesant, donnent	559.9125	1.430
				19.45	553.0000	qui, étant divisé par le nombre de pieds cubes mesurés, donne	2.940	4.979
					553.7925	pouces cubes d'eau pour former chaque pied cube de vapeur.		

Et ces nombres sont proportionnels à 40.00, 82.24, et 119.692,* densités relatives ; tandis que les élasticités étaient relativement de 40, 80, à 120. On peut conclure par ces résultats que la densité de la vapeur est presque en proportion de son élasticité ; si elle ne l'est pas positivement, au moins on peut l'affirmer à raison de ces expériences : par là on peut déterminer la densité de la vapeur à quel degré d'élasticité que ce soit. Ainsi, si la vapeur supportait 29.88 pouces de mercure, il s'ensuit

* C'est-à-dire, 1.430 : 40.00 :: 2.940 : 82.24 ; et 1.430 : 40.00 :: 4.979 : 119.692.

29.88 : 1.0682 inches of water necessary to form a cubic foot of steam at the temperature of 212° ; which compare with § 7th, remembering that 29.88 inches of mercury are only equal to the weight of the atmosphere.

Having detailed the properties of steam, we shall next notice the weight of the atmosphere, which is, more or less, an active agent in every steam engine.

§ 11. There is scarcely any thing connected with life less observable than the weight of the atmosphere. From the moment our bodies become tangible objects, we are accustomed to its operation; and they are so constructed, that the pressure of air shall be at least a secondary cause of animation. Being born under its influence, and rightly prepared for its action, it is not strange that this great but invisible power should have remained undiscovered for ages; and, had it not been from its limited weight, which occasioned a variation in the power necessary to produce effect in the act of pumping water, it is likely we should have remained ignorant of one of the most powerful and useful agents in nature.

§ 12. It appears that some mechanics, who had been employed to erect a pump upwards of 30 feet in length, found their attempts abortive. This incident perplexed them so much that they had recourse to Galileo,* the most ingenious philosopher of his time, for an explanation. The genius of this man, though it had enriched science with many new discoveries, was unable to divest itself of prejudices which had acquired strength from antiquity. Instead of relinquishing the Aristotelian opinion, that "nature abhors a vacuum," or divesting himself of the prevalent mode of reasoning, that in the act of pumping water, the fluid was caused to rise in the pump barrel, by the attraction of a vacuum formed by the ascent of the

* Galileo was born at Pisa in 1564.

qu'il faut 40 : 1.430 :: 29.88 : 1.06821 pouces d'eau pour former un pied cube de vapeur à la température de 212° ; qui doit être comparé à § 7me, se rappelant toujours que 29.88 pouces de mercure ne pesent pas plus que le poids de l'atmosphère.

Après avoir expliqué les propriétés de la vapeur, nous parlerons maintenant du poids de l'atmosphère, qui est, plus ou moins, un agent actif dans toutes les machines à vapeur.

§ 11. Le poids de l'atmosphère est, de toutes les choses qui ont rapport à la vie, celle qu'on observe le moins. Du moment que notre corps devient un objet sensible au tact, nous nous habituons à ses mouvements ; et il est construit de telle manière que la pression de l'air lui devient au moins une cause secondaire d'existence. Néanmoins sous son influence, et naturellement préparés à soutenir ses effets, il n'est pas étonnant que ce pouvoir énorme et cependant invisible, soit demeuré inconnu pendant bien des siècles ; et, si ce n'avait pas été pour son poids fixe, qui causa une variation dans les moyens qui sont nécessaires pour pomper de l'eau, il est probable qu'on ignorerait aujourd'hui un agent des plus puissans et des plus utiles qu'il y ait dans la nature.

§ 12. Il paraît que certains artisans, qu'on avait employés à construire une pompe de plus de 30 pieds de longueur, trouvèrent qu'ils avaient fait une tentative inutile. Cette circonstance les embarrassa à un tel point qu'ils eurent recours à Galilée,* le philosophe le plus ingénieux de son temps, pour leur donner des éclaircissements à cet égard. Le génie de cet homme, quoiqu'il eût enrichi la science par bien de nouvelles découvertes, ne put se défaire des préjugés qui à cause de leur antiquité avaient acquis une force invincible. Au lieu d'abandonner l'opinion d'Aristote, que "la nature abhorre le vide," ou de se défaire de la manière générale de raisonner alors, que quand on pompait l'eau, le fluide s'élevait dans le tuyau de la pompe, par l'attraction d'un vide que formait l'élévation du piston

* Galilée naquit à Pisa en 1564.

pump piston ; he contented himself with adjusting his prepossessions to the fact, that water would not be attracted by a vacuum, if the surface of the fluid was more than 33 feet below that of the earth.—“ For,” says he, “ when a rod of any solid substance whatever is suspended by one end, it may be made of such a length as to break by its own weight ; and, in like manner, if a rod or column of water is raised in a pump to the height of 18 cubits, its weight overpowers the attraction of the vacuum below the pump piston, and also the mutual cohesion of the fluid particles.”* Notwithstanding this conclusion, Galileo was soon satisfied that, by it, the general phenomena could not be explained : but the invisible agent eluded the activity of research ; and, while his mind wandered out in the devious path of conjecture, it continually reverted to the effect without being able to discover the cause,—which is the more extraordinary, as he seems to have been able to demonstrate that air possessed weight in common with other bodies.†

§ 13. Evangelista Torricelli,‡ a disciple of Galileo, had by his master been instructed in the weight of air ; and, in a happy moment, conceived that the water was compelled to rise in the pump barrel by the pressure of the atmosphere ; and that its weight on the surface of the water in the well could not be more than the weight of a column of water of the same base, and equal in height to that to which the fluid could be made to rise in the pump barrel, —by forming a vacuum above it,—by pulling up the pump piston. Experiment is the best test of the truth of

* See Galileo’s view of the subject in his “ Discursus et Demonstrationes Mathematicæ, Dial.” vol. i. p. 15.

† Discursus et Demonst. Mathemat. Dial. vol. i. p. 71, 72, or that excellent work, the Edin. Ency. Art. Hydrodynamics.

‡ Torricelli was born October 15, 1608 at Faenza, and died October, 1647.

de la pompe ; il se contenta de concilier ses préjugés avec le fait, que l'eau ne pourrait être attirée par un vide, si la surface du fluide était à plus de 33 pieds plus bas que celle de la terre. "Car," dit-il, "quand on suspend une tringle d'une substance solide quelconque par une extrémité, on peut la faire d'une telle longueur qu'elle puisse se rompre par son propre poids ; et de la même manière, si l'on élève dans une pompe une verge ou une colonne d'eau à la hauteur de 18 coudées, son poids détruit non seulement l'attraction du vide au-dessous du piston de la pompe, mais même la cohésion mutuelle des particules fluides."* Nonobstant cette conclusion, Galilée fut bientôt convaincu qu'elle ne pouvait pas suffire à expliquer les phénomènes généraux ; mais l'agent invisible échappait à l'activité des recherches, et, tandis que son esprit errait dans les sentiers égarés de la conjecture, il revenait sans cesse à l'effet, sans pouvoir découvrir la cause, ce qui est très-extraordinaire, parce qu'il paraît qu'il pouvait démontrer que l'air possédait un poids aussi bien que les autres corps.†

§ 13. Evangelista Torricelli,‡ disciple de Galilée, reçut des leçons de son maître sur le poids de l'air ; et une pensée heureuse lui fit concevoir que c'était par la pression de l'atmosphère que l'eau était forcée de s'élever dans le tuyau de la pompe, et que le poids de l'atmosphère sur la surface de l'eau dans le puits ne pouvait excéder celui du poids d'une colonne d'eau de la même base, et d'une hauteur égale à celle à laquelle on pouvait faire monter le fluide dans le tuyau de la pompe,—en formant un vide au-dessus,—en remontant le piston de la pompe. L'expérience est la meilleure preuve de la vérité des raisonne-

* Voyez l'aperçu de Galilée sur ce sujet dans son "Discursus et Demonstrationes Mathematicæ, Dial." vol. i. p. 15.

† Discursus et Demonst. Mathem. Dial. tome 1. p. 71, où cet excellent ouvrage, l'Encyclopédie d'Edimbourg. Art. Hydrodynamics.

‡ Torricelli naquit à Faenza le 15 d'Octobre 1608, et mourut en Octobre 1647.

philosophic reasoning,* and Torricelli was induced to try the following expedient :—

§ 14. He was aware, that the elevations at which two fluids of different densities can be maintained by the same force are inversely proportional to their densities, and he also knew that mercury was about $13\frac{1}{2}$ times heavier than water. Having procured a tube, one end of which was solid, he filled it with mercury, and immersed its open end in a cup also containing mercury ; upon which the fluid in the tube descended till it became only 30 inches in height, thereby indicating clearly that the weight of the atmosphere upon the surface of mercury in the cup was just equal to the height or statical weight of the fluid in the tube. For, if the height of the column and its consequent weight and power of descent in the tube were greater than the force exerted by the atmosphere to support it, in common with other insulated bodies, it must descend till opposed by a force equal to its descending power ; but the real cause of descent, in this case, arises from a portion of the fluid column making its escape into the cup, by which its weight is reduced, till at last it becomes equal to the pressure of the atmosphere acting at the base of the column. Hence it becomes certain, that the whole weight of the atmosphere is equal only to 30 inches of mercury of the same base,—that is, if the whole atmosphere were removed from the earth, and the latter surrounded by mercury to

* The ingenious translator of the Philosophical and Mathematical Commentaries of Proclus, Mr. Taylor, seems to have entertained an opposite opinion ; “ Or shall we say, that the discovery of truth was reserved for the age of experiment, and that she is alone to be apprehended in the infinite labyrinth of particulars ? That she is to be investigated with the corporeal senses, and not with the powers of intellect ; and that the crucible, the alembic, and the air pump are the only mediums of detection. If this be the case, truth is material, and may be calcined, distilled, and rarefied like any other corporeal substance.” Pref. Comment.

mens philosophiques,* et Torricelli fut porté à essayer le moyen suivant :—

§ 14. Il savait que les élévations auxquelles on peut maintenir, par le même pouvoir, deux fluides de différentes densités, sont proportionnelles, dans un sens contraire, à leurs densités, et il savait encore que le mercure pesait à peu-près 13 fois et demie plus que l'eau. S'étant procuré un tube, dont une des extrémités était hermétiquement fermé il le remplit de mercure, et il enfonça l'extrémité qui était ouverte, dans un vaisseau qui contenait aussi du mercure ; sur quoi le fluide, qui était dans le tuyau, descendit jusqu'à ce qu'il n'eut que 30 pouces de hauteur, ce qui donna évidemment la preuve que le poids de l'atmosphère sur la surface du mercure dans le vaisseau, était précisément égal à la hauteur ou au poids déterminé du fluide dans le tuyau. Car, si la hauteur de la colonne et son poids qui la fait naturellement descendre dans le tuyau étaient tous les deux plus grands que la force que l'atmosphère possède pour les supporter, aussi bien que les autres corps isolés, cette colonne alors descendrait jusqu'à ce qu'elle soit opposée par une force égale au pouvoir qui la fait descendre ; mais la vraie cause de la descente vient ici d'une portion de la colonne liquide qui s'échappe dans le vaisseau, par-là le poids de la colonne diminue graduellement, et à la fin il devient égal à la pression de l'atmosphère, qui agit sur la base de la colonne. Ainsi donc il est certain que tout le poids de l'atmosphère n'est égal qu'à trente pouces de mercure de la même base ; c'est-à-dire, que s'il n'y avait pas d'atmosphère autour de la terre, et si cette dernière était

* M. Taylor, le traducteur ingénieux des Commentaires Philosophiques et Mathématiques de Proclus, paraît avoir été d'une opinion contraire : "Ou dirons-nous que la découverte de la vérité fût réservée seulement pour l'âge des expériences, et que l'on ne puisse la trouver que dans le labyrinthe tortueux, des circonstances particulières ? Que l'on doive la rechercher à l'aide des sens corporels, et non pas à l'aide des facultés de l'esprit ; et que le creuset, l'alembic, et la machine pneumatique soient les seuls moyens de pouvoir la découvrir ? Si cela est, la vérité est matérielle, et l'on peut la calciner, la distiller, et la raréfier comme tout autre substance corporelle." Préf. Comment.

the depth of 30 inches, the weight of the fluid mass would be equal to the weight of the common atmosphere.

The weight, however, of the atmosphere is known to vary by a variety of circumstances, among which may be mentioned that of a moist and a dry state. "But the mean height of the barometer in London, upon an average of two observations in every day of the year, kept at the house of the Royal Society, for many years past, is 29.88 inches; the mean temperature or height of the thermometer, according to the same, being 58°. But Sir G. Shuckburgh, on December 26, 1778, observed the barometer to rise to 30.948 inches, the thermometer being at 47°; which being reduced to the heat of 50°, was 30.957; and this, he says, is the greatest height which, as far as he has been able to collect, it has ever been known to stand at in any country."—Jamieson's Dictionary of Mechanical Science.

§ 15. The mean weight of the atmosphere being now ascertained to be equal to 29.88 inches of mercury, and its specific gravity also known, it becomes easy to ascertain what height of a column of water, or any other fluid, would by its statical action balance the same force. Let the specific gravity of mercury at 60° be 13.580,* and that of water 1.0045,† then must the height of the column of water exceed that of the mercury as many times as the weight of mercury exceeds that of the water, bulk for bulk. Thus $\frac{13.580}{1.0045} = 13.519$, the number of times the mercury is heavier than the water, and $13.519 \times 29.88 = 403.94772$ inches, or 33.66231 feet; which is the height of a column of water necessary to balance a column of mercury 29.88

* Dr. Brewster's Tables of Specific Gravities in Ferguson's Lectures.

† Distilled water is usually inserted as being 1000; but because steam engines are usually supplied from, and employed in lifting pit water, I have thought it necessary to note it a little higher.

entourée de mercure, dont l'épaisseur serait de trente pouces, le poids de la masse liquide serait égal au poids de l'atmosphère ordinaire.

On sait pourtant que l'atmosphère varie selon plusieurs causes, et que parmi ces causes, l'humidité et la sécheresse ne sont pas les moins remarquables. " Mais la hauteur moyenne du baromètre à Londres, sur des observations qu'on a faites deux fois par jour à la Société Royale pendant bien des années, est de 29.88 pouces, la température ou hauteur moyenne du thermomètre, selon les mêmes observations, étant de 58°. Mais Sir G. Shuckburgh, le 26 Decembre 1778, remarqua que le baromètre monta à 30.948 pouces, le thermomètre étant à 47°, (qui étant reduit à 50°, donne 30.957;) et cette hauteur, dit-il, est la plus grande qui, autant qu'il peut s'en rappeler, ait jamais été observée en aucun pays."

§ 15. Comme on sait que le poids moyen de l'atmosphère est égal à 29.88 pouces de mercure, et que sa gravité spécifique est connue, aussi il est aisément déterminer la hauteur qu'une colonne d'eau, ou autre fluide, doit avoir pour balancer la même force par son action statique. En supposant que la gravité spécifique du mercure à 60° soit 13.580,* et celle de l'eau 1.0045,† la hauteur de la colonne d'eau doit alors surpasser celle du mercure autant de fois que la hauteur du mercure surpassé celle de l'eau, volume pour volume. Ainsi $\frac{13.580}{1.0045} = 13.519$, le nombre de fois que le mercure est plus pesant que l'eau, et $13.519 \times 29.88 = 403.94772$ pouces, ou 33.66231 pieds, qui est la hauteur d'une colonne d'eau nécessaire pour balancer une colonne de mercure de 29.88 pouces de hau-

* Tables des Gravités Spécifiques du Dr. Brewster dans " Ferguson's Lectures."

† En général on fixe l'eau distillée à 1000; mais comme les machines à vapeur sont ordinairement alimentées de l'eau de puits, et employées à en tirer, j'ai cru qu'il était nécessaire de la fixer un peu plus haut.

inches in height. But this column was equal to the weight of the atmosphere; hence also must the column of water 33.66231 feet be equal to the same weight. In the same manner may the difference of height of any two fluids balancing each other be known; that is, divide the weight of any given portion of the heavy fluid by the weight of an equal bulk of the lighter fluid, the result will be the difference of the fluids; which multiply by the known height of the heavier fluid, the product will be the height of the lighter fluid necessary to balance the heavier.

§ 16. The true height of a column of any fluid balancing the weight of the atmosphere being ascertained, it is easy to know its weight upon an inch, a foot, or upon any surface. It was stated (§ 8.) that 1728 cubic inches of water weighed 1000 ounces; then let the column of water of which we have been speaking be an inch square at its base; then 1×403.94772 inches, its height, = 403.94772 cubic inches; wherefore $1728 : 1000 :: 403.94772 : 238.766$ ounces, or 14.610 pounds avoirdupois—the weight of water in the column balancing the weight of the atmosphere—hence the air presses upon every square inch of the earth's surface with a force equal to 14.610 lbs.

§ 17. Now, in order to discover how this weight is employed in giving effect to the steam engine, let us suppose a vessel containing only air; next let us inject steam into this vessel, by which all the air it contains will be expelled; next let us shut the passage by which the steam entered, and also that by which the air escaped, then let us cool this vessel, by which the steam will be condensed and a vacuum formed, and the surrounding air will now press the sides of the condenser together with a force equal to about $14\frac{1}{2}$ lbs. per inch; but let the condenser be sufficiently strong to resist this pressure, and let it be an open-topped cylinder having a piston within it, then will the air press upon its upper side, and cause the piston to move down

teur. Mais cette colonne était égale au poids de l'atmosphère ; de là vient que la colonne d'eau doit être égale aussi au même poids. On peut savoir de la même manière la différence de la hauteur de deux fluides quelconque d'un même poids ; c'est-à-dire, devisez le poids d'une certaine portion de fluide pesant par le poids d'un volume égal de fluide moins pesant, le résultat indiquera la différence des fluides ; et en multipliant ceci par la hauteur connue du fluide qui est plus pesant, on aura la hauteur du fluide plus léger qui devient nécessaire pour balancer celui qui est plus pesant.

§ 16. Dès le moment qu'on a vérifié la hauteur d'un fluide qui égale le poids de l'atmosphère, rien n'est plus aisé que de connaître le poids du premier, n'importe sur quelle surface, soit un pouce, un pied, &c. Nous avons dit (§ 3.) que 1728 pouces cubes d'eau pesaient 1000 onces ; supposons donc que la colonne d'eau dont nous avons parlé ait un pouce carré à sa base ; ensuite 1×403.94772 pouces de hauteur, = 403.94772 pouces cubes ; c'est pourquoi 1728 : 1000 :: 403.94772 : 233.766 onces, ou 14.610 livres d'avoirdupois—forment le poids de l'eau dans la colonne qui balance le poids de l'atmosphère. Ainsi donc l'air presse sur chaque pouce carré de la surface de la terre avec une force égale à 14.610 livres.

§ 17. Or, afin de découvrir comment on se sert de ce poids pour faire agir la machine à vapeur, supposons un vaisseau qui ne contienne que de l'air ; ensuite injectons de la vapeur dans ce vaisseau, par le moyen de laquelle nous ferons sortir tout l'air qui s'y trouve ; ensuite fermons le passage par lequel la vapeur était entrée, et aussi celui par lequel l'air s'était échappé, alors en refroidissant ce vaisseau, la vapeur se condensera et formera un vide, et l'air qui environne le vaisseau en pressera les côtés avec une force égale à environ $14\frac{1}{2}$ livres par pouce ; mais si le condensateur était assez fort pour résister à cette pression, si le haut du cylindre était ouvert et qu'il eût un piston en dedans, alors l'air presserait sa partie supérieure, et ferait enfoncer le piston dans le cylindre avec une force égale à

within the cylinder with a force equal to $14\frac{1}{2}$ lbs. on every square inch of its area. Such was the engine constructed by Mr. Newcomen.

§ 18. It has been stated, that steam generated from water at 212° has an elastic force equal to the weight of the atmosphere. It follows, that, by covering an open-topped cylinder, and allowing steam to enter above the piston, the effect produced would be tantamount to the atmosphere pressing upon it; for equal forces produce equal effects. But it may be remarked, that it is from the condensibility of this steam alone, that the descending effect upon the piston is produced; which is brought about, first by steam expelling all the air below the piston, and afterwards by being itself reduced to its original element,—thus offering no resistance to the piston's descent, which is urged down by steam above it, whose pressure is equal to that of the atmosphere, or any pressure above that weight. Here let us observe, that the weight of the atmosphere is not immediately connected with the action of the piston, it being totally excluded from the air; still, however, the weight of the atmosphere interferes with the action of the machine; for, as has been stated, the elementary water of steam contains a portion of air, (§ 2.), which becomes disengaged by boiling, and accumulating in the condenser, it must necessarily be ejected from it by means of a pump acting against the air's pressure. The weight of air, too, is intimately connected with the boiler, and its various adjustments, for regulating a proper supply of water for the generation of steam, &c.

It is hoped that enough has been said respecting the weight of the atmosphere, to enable the reader to discover the manner of its acting on the steam engine, which, however, shall be farther described in the course of the work. Meantime, it may not be unacceptable to detail some of

14½ livres sur chaque pouce carré de sa surface. C'est ainsi que la machine de M. Newcomen était construite.

§ 18. Nous avons dit que la vapeur provenant de l'eau à 212° possède une force élastique égale au poids de l'atmosphère. Il s'ensuit qu'en couvrant un cylindre dont le haut est ouvert, et en laissant entrer la vapeur au-dessus du piston, l'effet que cela produit est équivalent à la pression de l'atmosphère; car quand les forces sont égales, elles produisent des effets qui sont égaux. Mais il est bon de remarquer que ce n'est que par la condensation de cette vapeur que l'effet de la descente sur le piston a lieu; ce qui est effectué d'abord par la vapeur qui fait sortir tout l'air au-dessous du piston, et ensuite par être elle-même réduite à son élément original; ne présentant ainsi aucune résistance à la descente du piston, qui se trouve poussé en bas par la vapeur au-dessus, dont la pression est égale à celle de l'atmosphère, ou à tout autre pression au-dessus de ce poids. Remarquons ici, que le poids de l'atmosphère n'a pas de rapports immédiats avec l'action du piston, à raison de ce que l'air en est entièrement exclus; néanmoins le poids de l'atmosphère agit sur le mouvement de la machine; car nous avons déjà dit, que l'eau élémentaire de la vapeur contient une portion d'air, (§ 2.) qui se dégage pendant que l'eau bout, et comme il s'accumule dans le condensateur, il devient nécessaire de la faire sortir par le moyen d'une pompe qui agit contre la pression de l'air. Le poids de l'air en outre a des rapports essentiels avec la chaudière et les différentes pièces de la machine qui servent à régler la quantité d'eau nécessaire à la formation de la vapeur, &c.

Nous nous plaisons à croire que nous nous sommes suffisamment expliqués à l'égard du poids de l'atmosphère, pour que nos lecteurs puissent découvrir la manière dont il agit sur la machine à vapeur, que nous expliquerons encore plus au long dans le cours de l'ouvrage. En attendant, on ne sera pas fâché peut-être de connaître les

the facts resulting from an experiment, which was made with a view to discover the effects produced on a certain substance, by removing from it part of the ordinary pressure of the atmosphere.

§ 19. On the 7th of April, 1827, a strong wooden box, covered with sheet-lead, and having a plate of cast iron for its bottom, and whose capacity was 14·33 cubic feet, was placed upon a table. The author of this work placed himself, together with the subject of experiment, within this receiver, and the whole was made air-tight with a lute of strong clay. A glass tube communicated with the inside of the box, while its under orifice was immersed in a cup of mercury that rested upon the floor. During these adjustments, the person within breathed the external air by a lateral pipe, which communicated with the outside of the receiver; but when the air-pump was about to be employed, he shut up this pipe with a cylindrical piece of wood, having only a needle hole pierced in the centre of this wooden stopper; air was then pumped out of the receiver, till the mercury rose in the glass tube to $7\frac{1}{2}$ inches above the surface of that in the cup. The pulse, before exhaustion commenced, was 79 per minute; but after being an hour within the receiver, it fell to 65. But on the air-pump being stopped, the pulse appeared to be accelerated reciprocally to the deterioration of the air by breathing within the receiver. The time of this experiment was two hours; during which a constant but small supply of fresh air rushed into the receiver by the before mentioned needle hole.

April 8th. The mercury rose to $16\frac{1}{2}$ inches; pulse fell from 77 to 63. When exhaustion was at its maximum, the person within the receiver felt very warm, but after attenuation of the air had been kept up about an hour, he became very sensibly cold. Experienced no difficulty in breathing until the air-pump ceased, on which the

détails de quelques faits prouvés par une expérience qu'on a faite afin de découvrir les effets qui auraient lieu sur une certaine substance, si l'on la privait d'une partie de la pression ordinaire de l'atmosphère.

§ 19. Le 7 d'Avril 1827, on posa sur une table une boîte de bois très solide ; cette boîte, dont la capacité fut 14.33 pieds cubes, était enduite de plomb laminé, et son fond était d'une plaque de fonte. L'auteur de cet ouvrage se plaça, avec le sujet de l'expérience, dans ce récipient, et le tout fut hermétiquement fermé avec un lut de terre glaise. Il y avait un tube de verre qui communiquait à l'intérieur de la boîte, et l'orifice inférieur du tube était plongé dans du mercure qui était dans une tasse sur le plancher. Pendant qu'on arrangeait tout cela, la personne qui était en dedans respirait l'air extérieur par un tuyau latéral, qui communiquait au dehors du récipient ; mais quand on était sur le point de se servir de la machine pneumatique, il boucha ce tuyau avec un morceau de bois cylindrique, qui n'avait qu'un très-petit trou au centre, ensuite on pompa l'air du récipient, jusqu'à ce que le mercure dans le tube de verre eut monté à $7\frac{1}{2}$ pouces au-dessus de la surface de celui qui était dans la tasse. Avant de commencer à pomper l'air, le pouls de la personne était à 79 par minute ; mais après avoir été une heure dans le récipient, il était réduit à 65. Mais lorsqu'on arrêtait la machine pneumatique, le pouls paraissait s'accélérer en raison du détriment de l'air par la respiration dans le récipient. Cette expérience dura deux heures, et pendant ce tems-là il n'y avait qu'une petite quantité d'air frais qui entrait constamment dans le récipient par le petit trou dont nous avons parlé.

8 Avril. Le mercure monta à $16\frac{1}{2}$ pouces ; le pouls tomba de 77 à 63. Quand l'épuisement de l'air parvint au plus haut degré, la personne dans le récipient eut très chaud, mais après qu'on avait continué pendant une heure à diminuer l'air, il avait sensiblement froid. Il ne sentit aucune peine à respirer jusqu'à ce qu'on eut arrêté

pulse was greatly accelerated and the lungs shivered (if he may use the expression) and felt uneasy, which was an inducement to admit air rather too fast, on which his ears were much pained, and his eyes gushed with water. Time of this experiment was three hours.

April 14th. The rarefaction of the air supported a column of mercury 14 inches in height. Feelings produced were the same as on the last occasion. Experienced no difficulty in breathing till the air-pump stopped working ; and the air being allowed to enter the receiver slowly, all disagreeable feelings were prevented.

There were made many subsequent experiments of the same nature, and uniformly the same effects were produced. During one of these, however, when the mercury had arisen to about 12 inches, the external air forced a little of the clay-lute into the receiver with a loud noise ; the person within immediately conceived that a jet of very warm water was projected against his body, and the inside of the receiver was, during the influx of air, perfectly illuminated, and he distinctly perceived the circular ribs which supported the inside of the box in which he was placed ; but the light became less and less distinct as the receiver became filled with air. Towards the termination of this influx of air the experimenter's ears became exceedingly pained, and felt as if they were forcibly plugged with wood, together with a strong but short feeling of suffocation, and his eyes also gushed with water, disagreeable feelings which subsided when the receiver was again considerably exhausted.

The cause of heat during the influx of air cannot be satisfactorily explained by the author, unless it be admitted that the sudden pressure of air on the body would cause a corresponding celerity of circulation of blood in the capillary vessels, and thereby excite the feeling of heat ; for since the

la machine pneumatique, sur quoi le pouls s'accéléra beaucoup, et ses poumons frissonnèrent (s'il peut s'exprimer ainsi), et comme il se trouva mal à son aise, on laissa entrer l'air mais trop rapidement, sur quoi il sentit des douleurs excessives aux oreilles, et l'eau lui sortit des yeux. L'expérience dura trois heures.

14 Avril. La raréfaction de l'air supportait une colonne de mercure de 14 pouces de hauteur. Les sensations qu'il éprouva furent les mêmes qu'auparavant. Il n'eut point de peine à respirer jusqu'à ce qu'on cessa de mouvoir la machine pneumatique ; et comme on laissa entrer l'air lentement dans le récipient, on empêchait toutes les sensations désagréables.

On fit plusieurs autres expériences de la même sorte, et on en eut constamment les mêmes résultats. Pendant le cours d'une de ces expériences, (le mercure ayant monté à environ 12 pouces,) l'air extérieur détacha avec bruit une petite partie du lut d'argile dans le récipient. Celui qui était en dedans crut aussitôt qu'on lui avait jeté de l'eau très-chaude, et comme l'intérieur du récipient était complètement illuminé, il aperçut distinctement les côtés circulaires qui en supportaient le dedans ; mais la lumière s'affaiblit à mesure que le récipient se remplissait d'air. Au moment que l'air allait cesser d'entrer, les oreilles de l'expérimentateur lui firent beaucoup de mal, et il sentit comme si elles avaient été fortement bouchées par des chevilles, et il éprouva en outre, une attaque forte mais courte pareille à une suffocation, l'eau lui sortit des yeux ; aussi des autres sensations désagréables eurent lieu, mais elles diminuèrent aussitôt qu'on eut encore épuisé considérablement le récipient.

L'auteur ne saurait expliquer d'une manière satisfaisante la cause de la chaleur pendant que l'air entre dans le récipient, a moins qu'on n'admette que la pression soudaine de l'air sur le corps ne cause une rapidité égale de la circulation du sang dans les vaisseaux capillaires, et que par là la sensation de la chaleur ne soit excitée ; car puisque

compressing force of the atmosphere was only 6 lbs. and which also continually decreased as the receiver became filled, and because the mass of attenuated air was about 12 cubic feet, while the area of the hole through which the air rushed was only half an inch, the process of condensation must have been too slow to produce the feeling of heat. It may be observed, too, that although air, by sudden compression, will give out heat and light, yet, by rarefaction, it is known to produce cold ; therefore, since the air which entered the box was increased in volume, it must have abstracted any heat that could have been generated by its compressing the mass within the receiver. The fact of the box being illuminated can be accounted for, by saying that the air carried along with it a portion of light, produced by two candles which illuminated the room in which the experiment was made ; for the moist particles of the winter's atmosphere being impregnated with the light, and flowing rapidly into the receiver, makes it almost certain that the appearance of light to the experimenter proceeded from this cause ; and since vision was perfect, it is not likely that the idea of light was communicated by sudden pressure on the eye ; and the area of the orifice through which the air rushed being only about .5 of an inch, and in the bottom of the receiver too, it is impossible that any direct rays of light from the candles could have entered it.

This decrease of the number of systoles of the heart is at variance with the experience of aeronauts ; but let it be remembered that the perturbation of mind, inseparable from a knowledge of being suspended at some thousands of feet above the earth, would produce, without the intervention of any other cause, an increase of pulsation. The effects produced by these experiments were also different from what was felt by M. de Saussure while on the summit of Mont Blanc : the pulses of that gentle-

la force qui comprime l'atmosphère n'était que 6 livres, et qui en outre décroissait constamment pendant que le récipient se remplissait, et comme l'amas de l'air raréfié était près de 12 pieds cubes, tandis que la grandeur du trou par lequel l'air entrait, n'était que d'un demi-pouce, la condensation a dû être trop lente pour produire la sensation de la chaleur. On peut remarquer aussi que quoique l'air, par une compression soudaine, émet de la chaleur et de la lumière, néanmoins par la raréfaction on sait qu'il produit le froid ; c'est pourquoi, puisque le volume d'air qui entra dans la boîte s'était augmenté il a dû abstraire toute la chaleur que l'amas comprimé dans le récipient a dû produire. Mais il est possible d'expliquer le fait qui a rapport à l'illumination de la boîte en disant que l'air amenait avec lui une portion de la lumière produite par deux chandelles qui éclairaient la chambre où l'on faisait l'expérience ; car puisque la vue était parfaite, il n'est pas probable que la lumière pût être l'effet d'une pression soudaine sur l'œil ; et la largeur de l'orifice par où l'air se précipitait n'étant qu'environ d'un pouce, et en outre au fond du récipient, il est impossible qu'un rayon même très-petit venant directement de la lumière des chandelles pussent y être entré.

Cette diminution du nombre des systoles du cœur ne s'accorde pas avec les expériences des aéronautes ; mais il ne faut pas oublier que l'agitation de l'esprit causé par l'idée d'être suspendu à plusieurs mille pieds au-dessus de la terre, produirait, sans l'intervention de toute autre cause, une pulsation plus rapide. Les effets que produisirent ces expériences différaient aussi des sensations qu'éprouva M. Saussure sur le sommet du Mont Blanc : le pouls de ce Monsieur et celui de ses deux compagnons

man and of his two attendants were, before ascending the mountain, only 40, 60, and 72, but on its summit they were 98, 112, and 100. But he has also said that he found the air to contain six times less humidity than that at Geneva, and also that he detected atmospheric acid in the surrounding medium ; these, together with the fatigue induced by ascending a rugged mountain of many thousand feet in height, and the burning thirst of which Saussure complains, were more than sufficient to effect the acceleration of pulse felt by this philosopher. It may be remarked that the corresponding height in the atmosphere, where it would be attenuated so much that it would only support the mercury at $16\frac{1}{2}$ inches in the barometrical tube, is situated at about 17,000 feet above the level of the sea ; while the height of Mont Blanc, among the highest mountains in the old world, is only 15,680 feet.

This anomaly in effects produced by breathing attenuated air was an inducement to try its manner of operating on some other person. A stout young man was anxious to make the experiment. While he was in the receiver, the mercury rose to 11 inches ; he felt no inconveniency from being so situated. A young girl too, wishing to know what was to be got within the box, was, at her own request, introduced ; exhaustion supported a column of 9 inches. On being liberated she did not complain of anything except the hissing of the air-pump.

n'étaient, avant de monter le Mont Blanc, qu'à 40, 60, et 72, mais sur le sommet ils étaient à 98, 112, et 100. Mais il a rapporté aussi qu'il avait trouvé que l'air du Mont Blanc contenait six fois moins d'humidité que celui de Genève, et qu'il avait découvert un acide atmosphérique dans l'air qu'il respirait alors ; ces faits, joints à la fatigue que M. Saussure sentit en gravissant une montagne escarpée de plusieurs mille pieds de hauteur, et à la soif ardente dont il s'est plaint en montant, ne pourraient manquer de causer l'accélération du pouls qu'éprouva ce philosophe dans son voyage. Il est bon de remarquer que si l'air était raréfié à un tel point qu'il ne puisse supporter le mercure qu'à $16\frac{1}{2}$ pouces dans le tube d'un baromètre, la hauteur correspondante dans l'atmosphère serait d'environ 17,000 pieds au-dessus du niveau de la mer, tandis que le Mont Blanc, une des plus hautes montagnes du vieux continent, n'a que 15,680 pieds de haut.

Cette anomalie dans les effets que produit la respiration d'un air raréfié, devint un motif pour éprouver leur cause sur quelqu'autre personne. Il prit envie à un jeune homme robuste d'en faire l'expérience. Pendant qu'il était dans le récipient le mercure monta à onze pouces ; et il ne se trouva pas gêné dans cette situation. Une jeune fille qui désirait de savoir aussi ce qui lui arriverait dans la boîte, y fut introduite de plein gré ; l'épuisement supporta une colonne de 9 pouces. Quand elle fut mise en liberté, elle ne se plaignit que du sifflement de la pompe à air.

DESCRIPTION

OF THE

STEAM ENGINE AT NEW-CRAIGHALL.

Having detailed the principles involved in the action of a steam engine, we shall now proceed to describe the mechanism of the machine employed in pumping water from the collieries of New-Craighall.

This is termed a three-valved or single-acting engine. Its working cylinder is 80 inches diameter, and its piston can perform thirteen eight-feet strokes per minute. The depth from which the water is pumped is 540 feet, divided into three lengths of pumps, the lowest of which delivers its water into a cistern at the height of 180 feet; from thence it is taken up, by a second pump, and delivered into another trough, placed at 360 feet from the bottom of the mine; from this it is raised by the third pump, and discharged at the mouth of the pit. By this arrangement the weight of the column of water is equally divided among the three pumps, and thereby its statical weight is reduced, which would, by using only one length of pump, press too heavily upon its working-box and valves.

Motion is given to this machine by the expansive force of steam pressing the piston down into a vacuum; and the upward movement of the piston is effected by the mine pump-rods being rather more than a counterpoise to its weight and friction. The steam which, in the first instance, presses down the piston, is permitted to escape by the opening of the valve 51^x, into the vacuity formed under the piston by its ascent; but before entering far-

X Vertical section Plate 2

DESCRIPTION

DE LA

MACHINE A VAPEUR A NEW-CRAIGHALL.

Après avoir fait le détail des principes sur lesquels est fondé le mouvement d'une machine à vapeur, nous allons maintenant expliquer le mécanisme de la machine dont on se sert pour pomper l'eau des mines de charbon de New-Craighall.

Celle-ci s'appelle une "machine à trois soupapes" ou, "à mouvement simple." Le cylindre principal a 80 pouces de diamètre, et le piston peut faire treize trajets de huit pieds par minute. La profondeur de laquelle on pompe l'eau est de 540 pieds; elle est divisée en trois portions qui ont chacune une pompe, dont la plus basse fait monter l'eau dans un réservoir à la hauteur de 180 pieds; après cela l'eau est élevée par une seconde pompe, d'où elle tombe dans un autre réservoir placé à 360 pieds du fond de la mine; ensuite la troisième pompe la décharge au niveau du sol. Par cet arrangement le poids de la colonne d'eau est également partagé entre les trois pompes, et par là se trouve diminué le poids statique, qui, en ne se servant que d'un seule pompe aurait trop pressé sur le piston et ses soupapes.

Cette machine est mise en mouvement par la force élastique de la vapeur qui enfonce le piston dans un vide, et le mouvement ascendant du piston se fait par les tringles des pompes extérieures qui forment plus qu'un contre-poids à sa pesanteur et à sa friction. La vapeur, qui au commencement enfonce le piston, s'échappe maintenant par l'ouverture de la soupape 51, dans le vide formé par son ascension; mais avant de s'expliquer davantage sur

ther into the subject, it will be proper to point out the nature of each of the engravings representing the machine.

Plate, No. 1. is a perspective view of the engine, all its parts being exhibited in the position in which they are placed when the steam piston has arrived at its greatest height, and the condenser-valve is opened, and every thing is ready for the down stroke.

The walls of the engine-house are supposed, in the picture, to be thrown down, that the machine may be seen. On this point it will only be necessary to observe, that the framing A, is supported by the wall B, immediately under the centre 39 ; this wall is 6 feet 6 inches thick where the framing rests upon it ; but by regular projections, of 6 inches each, it is, at its foundation, 11 feet thick.

The engravings in plate No. 2. are orthographic representations, showing, by their scale, the dimeusions of all the parts, which are here arranged precisely as is exhibited by the machine when the piston is at its lowest depression, and the lower, or steam-reversing valve, is open, and every thing ready for the commencement of the up-stroke.

In the perspective view, 1 is one of the three boilers employed in generating steam for the machine;* when working, this vessel is about half full of water ; and 2, 2, 2, are pipes through which the steam passes from the boilers to the engine ; and because steam is continually evolved from the mass of water within the generators, a constant supply of fluid is caused to enter them.

This is secured in each boiler by causing the elementary water of the steam to descend within the pipe 3, Plate 3, Fig. 1st, which reaches to near the bottom of the boiler : and the statical weight of the fluid being greater than

* The present boiler at the place here represented is a dome topped vessel ; but as it is only a temporary erection, I have inserted that form of boiler whieh, after a short time, will supply its place.

ce sujet, il est à propos d'indiquer ce qui a rapport à chacune des gravures qui représentent la machine.

La planche No. 1 est une perspective de la machine qui montre la position dans laquelle se trouvent toutes les parties au moment que le piston du cylindre à vapeur a atteint sa plus grande hauteur, que la soupape de condensation est ouverte, et que tout est prêt à produire l'impulsion.

Dans la planche on suppose que les murs du bâtiment qui contient la machine ont été emportés, afin que l'on puisse la voir : il faut simplement remarquer ici que la machine A est supportée par le mur B, précisément au-dessous du tourillon 39 ; ce mur qui soutient la machine a 6 pieds 6 pouces d'épaisseur, mais par des épaissements graduels de 6 pouces chaque, il peut avoir à ses fondements 11 pieds d'épaisseur.

Les gravures de la planche No. 2 sont des représentations orthographiques, qui montrent, selon l'échelle, les dimensions de toutes les parties qu'on a arrangées précisément comme la machine les montre quand le piston est à la fin de sa descente, que la soupape d'en bas, ou celle qui transfère la vapeur, est ouverte, et que tout est prêt pour le commencement de l'ascente.

Dans la perspective 1, on voit une des trois chaudières dont on se sert pour produire la vapeur pour la machine ;* quand celle-ci est en mouvement, ce vaisseau est environ à moitié plein d'eau, et 2, 2, et 2 sont des tuyaux par où la vapeur passe des chaudières à la machine ; et comme la vapeur s'échappe constamment du volume de l'eau dans les chaudières, il est nécessaire de les alimenter continuellement.

On s'assure de cette opération dans chaque chaudière, en faisant descendre l'eau élémentaire de la vapeur dans le tuyau 3, Planche 3, Fig. 1 ; on doit observer que le tuyau nourricier descend presqu'au fond de la chaudière : et le poids statique du fluide étant plus grand que la force

* La chaudière qu'on a représentée ici, est un vaisseau dômelique ; mais comme ce n'est qu'une structure faite pour le moment, j'ai inséré cette forme de chaudière, qui dans peu de tems en occupera la place.

the expansive force of the steam, it finds its way into the boiler; and that neither too little nor too much may enter it, proper methods are adopted. The first of these inconveniences is prevented by a plentiful supply of water being pumped to the top of the feed-pipe 3; and by a proper arrangement at that place, the superabundance of fluid is prevented from getting down into the boiler. This contrivance consists of a valve 5, which, when shut, prevents the entrance of water; but if the fluid in the boiler should subside, by the generation of steam, till below its proper level, this valve is opened, just as much as is necessary to admit of a sufficient supply of fluid; which is effected by the valve 5 being attached to the lever 6, (seen in Plate 3, Fig. 1st.) from which is suspended a stone 7 within the boiler, by the wire 8, passing steam-tight through the top of that vessel; the stone is balanced in the water by the weight 9; so that, if the water subside in the boiler, the stone will preponderate, and thereby opening the valve, permit a greater flow of the fluid; which accumulating in the boiler, again buoys up the stone, thus closing the valve, just as much as is necessary to admit of a proper supply of water for the generation of steam.

This contrivance will be better understood by stating that the buoyant power of water is equal to the weight of any mass of the fluid displaced by the body floating or suspended in it. Thus, if the weight of a cubic foot of stone be 150 lbs. and that of a cubic foot of water 62.5 lbs. the stone will lose of its weight, when immersed in the water, 62.5 lbs.; and in like manner, when any portion of the stone becomes immersed in the fluid it becomes proportionally lighter. Thus, let the stone be only half immersed in the water, then $\frac{62.5}{2} = 31.25$ lbs. the weight of the fluid mass displaced by the stone, and $150 - 31.25 =$

élastique de la vapeur, l'eau coule dans la chaudière, et on emploie des moyens sûrs afin que la quantité qui doit entrer, ne soit ni trop grande ni trop petite. On obvie au premier de ces inconvénients en pomplant abondamment de l'eau au sommet du tuyau nourricier 3 ; et en faisant des arrangemens à cet endroit, on empêche que le surplus du fluide ne descende dans la chaudière. Cet arrangement consiste d'une soupape 5, qui quand elle est fermée, empêche que l'eau n'y entre, mais si en produisant la vapeur, le fluide dans la chaudière venait à baisser jusqu'à ce qu'il soit au dessous de son niveau, alors cette soupape s'ouvrirait pour admettre une quantité suffisante de fluide ; cela vient de ce que la soupape 5 est attachée au lévier 6 (voyez la Planche 3, Fig. 1.) auquel on a suspendu une pierre 7, en dedans de la chaudière, par le fil de fer 8, qui passe à travers le haut de ce vaisseau sans laisser échapper de la vapeur ; la pierre est balancée dans l'eau par le poids 9, de manière que quand l'eau vient à baisser dans la chaudière, la pierre descend, et alors la soupape s'ouvrant, laisse couler plus rapidement le fluide, qui en s'accumulant dans la chaudière, fait flotter encore la pierre ; de cette maniere la soupape se ferme précisément autant qu'il le faut pour admettre une quantité suffisante d'eau pour la production de la vapeur.

On comprendra mieux cette invention en se rappelant que la résistance soutenante de l'eau est égale au poids de la masse de fluide qu'un corps flottant ou suspendu a déplacée. Par exemple, si le poids d'un pied cube de pierre était 150 livres, et celui d'un pied cube d'eau 62.5 livres, la pierre perdrait 62.5 livres si on l'enfonçait dans l'eau ; et c'est ainsi que quand on enfonce une portion de pierre dans le fluide, elle devient proportionnellement plus légère. Ainsi donc si la pierre n'est qu'à moitié enfoncée dans l'eau, alors $\frac{62.5}{2} = 31.25$ livres, est le poids du fluide déplacé par la pierre, et $150 - 31.25 = 118.75$ livres,

118.75 lbs. the descending power of the stone ; which, however, is balanced by the weight 9 ; therefore, while so much of the stone is immersed, it cannot preponderate ; but if the supporting fluid shall subside in the smallest degree, the stone must also descend, and thereby open the valve, and cause a greater influx of water ; which buoying up the stone, permits the weight to descend, and thus adjust the opening of the valve 5, to a proper influx of fluid.

In addition to these precautions and adjustments for the regular supply of water, there is another piece of mechanism for discovering whether the former be doing their office ; which is known by opening the gauge-cocks 10 and 11 ; the pipe of one of these stretches down near to the bottom of the boiler ; from which, when there is any expansive force of steam (*i. e.* a force above the pressure of the atmosphere) within, water is ejected by opening the cock ; which indicates that the fluid in the boiler is still higher than the under orifice of this pipe : on the other hand, if too much water has accumulated, it is known by opening the other stop-cock, which only stretches down near to the ordinary surface of the water ; hence, while every thing is performing its proper functions, on opening this stop-cock, steam issues from it ; but if the fluid has covered the under orifice of this pipe, water is ejected, thereby indicating that too much is getting into the boiler.

It has been stated that the expansive force of steam within the boiler is prevented from blowing out the water by the feed-pipe ; this is secured by a safety-valve, 12, allowing the escape of steam before its expansive force is capable of making the water ascend to the top of the pipe 3. This valve consists of a pipe communicating with the steam and the open air, and having a metallic stopper fitted into its external orifice ; which stopper is a portion

est le pouvoir descendant de la pierre, qui, pourtant, est balancé par le poids 9 ; c'est pourquoi le poids ne peut avoir la prépondérance pendant qu'une telle portion de la pierre est enfoncée ; mais si le fluide viendrait à se baisser même tant soit peu, la pierre descendrait aussi, et par-là elle ouvrirait la soupape, et ferait entrer une plus grande abondance d'eau, qui, en élevant la pierre, permettrait au poids de descendre, et ajusterait ainsi l'ouverture de la soupape 5 au coulement nécessaire du fluide.

Outre ces précautions et ces ajustements pour la provision régulière de l'eau, il y a une autre pièce de mécanisme faite pour découvrir si les premières agissent comme il faut, qu'on peut savoir en ouvrant les robinets d'épreuve, 10 et 11 ; le tuyau d'un des deux descend presqu'au fond de la chaudière, d'où, quand il y a quelque force élastique de vapeur en dedans, (c'est-à-dire une force plus grande que la pression de l'atmosphère) l'eau sort en ouvrant le robinet, ce qui indique que le fluide dans la chaudière est encore plus haut que l'orifice inférieur de ce tuyau ; de l'autre côté, on sait si l'eau s'est trop accumulée, en ouvrant l'autre robinet, dont le tuyau ne descend que vers la surface ordinaire de l'eau ; de-là, si tout va bien, en ouvrant ce dernier robinet, il en sort de la vapeur ; mais s'il en sorte de l'eau (à raison de ce que l'orifice inférieur du tuyau soit couvert,) cela indique qu'il y est entré trop d'eau dans la chaudière.

Nous avons dit qu'on a trouvé le moyen d'empêcher que la force élastique de la vapeur dans la chaudière ne fasse sortir l'eau par le tuyau nourricier ; ceci se fait par une soupape de sûreté 12, qui laisse échapper la vapeur avant que sa force élastique ne puisse faire monter l'eau au haut du tuyau 3. Cette soupape est composée d'un tuyau qui communique avec la vapeur et l'atmosphère, et l'on ajuste à son orifice extérieur, un bouchon qui est une por-

of a cone, having its apex turned towards the inside of the boiler ; and it is so adjusted in weight, that in all cases it is pressed up by the steam before water can be pressed to the top of the pipe 3.

In order to illustrate this, let us find by calculation the force of steam necessary to raise water in the boiler to the top of the feed-pipe. The top of the pipe is 10 feet 6 inches above the surface of water in the boiler ; then 33.5 feet : 14.5 lbs. :: 10 feet .5 inches : 4.545 lbs. (§ 15 and 16)* the statical weight of water in the pipe, per square inch of its area—equal also to the pressure of steam necessary to raise water to the top of the feed-pipe ; and in order to prevent water from being pushed out, the safety-valve is made a little lighter than the statical weight of the fluid. Thus, if the feed-pipe could admit of only 4 lbs. pressure of steam per inch, then must the safety-valve be in weight, for each inch of its area, equal to 4 lbs. ; hence, if its area were 5 square inches, $5 \times 4 = 20$ lbs. the weight of the valve ; which, however, for reasons already stated, should be made 2 lbs. less. But as it is necessary to employ a greater or a less force of steam, according to the nature of the work in which the machine may be employed,† the mechanists have made this valve sufficiently heavy to admit of 4.5 lbs. pressure per inch within the boiler ; and by attaching the valve to a lever 13, and by hanging small weights at its opposite end, the valve can be adjusted by the use of one or more of these weights to any expansive force of steam necessary to perform the work required : but lest an inattentive superintendent should make the

* Neglecting a few decimal increments.

† The engine is at present, (1828,) employed in pumping water from the pit, in progress of sinking ; and the weight of water in the pumps thereby continually increasing, it may be found necessary to employ the full expansive force of steam, which, from the height of the feed-pipe, cannot exceed 4.545 lbs., as we have already noticed.

tion d'un cône, dont le haut est tourné vers l'intérieur de la chaudière ; et son poids est ajusté de manière qu'en tous cas il se trouve élevé par la pression de la vapeur, avant que l'eau puisse être poussée jusqu'au haut du tuyau 3.

Pour expliquer ce fait, tâchons de trouver par le calcul la force de la vapeur qui devient nécessaire pour éléver l'eau dans la chaudière au haut du tuyau nourricier. Le sommet du tuyau est 10 pieds 6 pouces au-dessus de la surface de l'eau dans la chaudière ; de-là 33.5 pieds : 14.5 livres :: 10 pieds .5 pouces : 4.545 livres (§ 15 and 16,)* est le poids statique de l'eau dans le tuyau, par pouce carré de son aire, qui est égal aussi à la pression de la vapeur qui est nécessaire pour éléver l'eau au haut du tuyau nourricier ; et afin d'empêcher que l'eau ne se trouve forcée de sortir, on fait la soupape de sûreté un peu plus légère que le poids statique du fluide. Ainsi, si le tuyau nourricier ne pouvait admettre que 4 livres de pression de vapeur par pouce, alors la soupape de sûreté devrait être égale à 4 livres de poids par chaque pouce de son aire ; de-là, si son aire avait 5 pouces carrés, $5 \times 4 = 20$ livres, le poids de la soupape, qui pour des raisons dont nous avons déjà fait mention, devrait consister de 2 livres de moins. Mais comme il est nécessaire de se servir d'une force de vapeur plus ou moins grande, selon l'emploi qu'on fait de la machine, † les mécaniciens ont construit cette soupape d'une pesanteur suffisante pour admettre 4.5 livres de pression par pouce dans la chaudière, et en attachant la soupape à un levier 13, et en pendant de petits poids au bout opposé, on peut ajuster la soupape en fesant usage d'un ou de plusieurs de ces poids à telle force élastique de vapeur qui est nécessaire pour l'ouvrage requis : mais de peur qu'un

* En ne comptant pas quelques accroissement décimaux.

† On se sert de la machine à présent (1828) pour pomper de l'eau de la mine de charbon, qu'on est maintenant à creuser, et le poids de l'eau dans la pompe s'augmentant par conséquent continuellement, il deviendra peut-être nécessaire d'employer toute la force élastique de la vapeur, qui par la hauteur du tuyau nourricier ne peut pas excéder 4.545 livres, comme nous l'avons déjà dit.

fire too strong, and thereby cause a waste of steam, by its escaping at this safety-valve, a contrivance similar to the one last mentioned is adopted. It consists of a float 14, (seen in Plate 3, Fig. 1st), suspended within the feed-pipe; which float rises or falls according as the steam may exert a greater or a less force within the boiler; for when the steam exerts a great pressure, a part of the fluid is caused to ascend within the feed-pipe; which floating up the hollow body 14, causes the damper to close the flue 15 which leads from the fire to the chimney, and the draught being thereby in part intercepted, the fire becomes less strong, and the expansive force of steam reduced; when, on the other hand, the water, together with the float sinks, the damper is raised, till the temperature of the fire, and consequent expansive force of the steam, become nearly equal to the weight of the safety-valve.

The boiler being liable to become choked by an earthy matter and other ingredients which enter with the elementary water of steam, has a man-hole 16, for admitting a person to clean or repair it.

Having described the boiler and its appurtenances for the regular supply of steam, we shall next endeavour to discover the manner in which this gaseous body gives motion to the machine; but before doing so, let us suppose that all air has been expelled from its various chambers, by an injection of steam, and that a vacuum has been formed within the condenser, communicating however only with the under side of the piston, which we shall consider as being ready to make its down-stroke, as in the perspective view.

It has been said that the steam passes along the pipes 2, 2, 2, to the engine; but before acting upon the piston, it is partly intercepted by the throttle-valves 16, 16; in this machine there are two of such valves;

surintendant inattentif ne fasse un trop grand feu, et par là ne fasse échapper de la vapeur par la soupape de sûreté, on a adopté un plan semblable à celui dont nous avons fait mention. Il consiste d'une bouée creuse 14, (voyez la Planche 3, Fig. 1,) et qui est suspendue dans le tuyau nourricier et qui flotte tantôt en bas tantôt en haut selon la force plus ou moins grande de la vapeur dans la chaudière; car quand la vapeur exerce une grande pression, elle fait monter une partie du fluide dans le tuyau nourricier, qui en éllevant le corps cylindrique 14, ferme plus ou moins le tuyau 15, qui conduit du feu à la cheminée, et le courant d'air étant par cela intercepté en quelque sorte, la combustion devient moins forte, et la force élastique de la vapeur se trouve diminuée: de l'autre côté quand l'eau avec la bouée s'abaisse, le tuyau 15 se rouvre, le feu est excité, et par conséquent la force élastique de la vapeur devient à-peu-près égale au poids de la soupape de sûreté.

La chaudière, étant sujette à se remplir de la boue et d'autres ingrédients qui entrent avec l'eau alimentaire, on a fait une ouverture 16 assez grande pour admettre un ouvrier pour la nettoyer, ou la raccommoder.

Maintenant que nous avons décrit la chaudière et ses accessoires pour fournir la vapeur, nous allons chercher à découvrir comment ce corps gazeux donne le mouvement à la machine; mais avant de nous expliquer davantage, supposons que par une injection de vapeur, on a chassé l'air entièrement de toute place où il existait, et qu'on a formé un vide dans la condensateur qui ne communique cependant qu'avec le côté inférieur du piston, que nous regarderons comme prêt à descendre, comme est représenté dans la vue perspective.

On a déjà dit que la vapeur passe le long des tuyaux 2, 2, 2, pour aller à la machine, mais avant d'agir sur le piston, les soupapes étranglantes 16, 16, l'interceptent en partie; il y a deux de ces sortes de soupapes dans cette

each is a circular plate of copper, mounted on its axis, that works steam-tight in its collar-bushes, which perforate the cast-iron pipes in which they are placed. One end of each of these arbors projects a few inches, and terminates in a lever ; (not seen in the plates,) and these being attached to each other by a small rod, and also connected with the handle 17, can be opened, or shut as the case may require. But to effect a partial opening of the valves, the handle 17 has a number of projecting fillets, by resting which, one at a time, upon the bracket 18, (seen in the side elevation,) an opening of the valves equal to the space between any two of the fillets, or even to a greater extent, can be effected, by merely shifting 17 up or down : but for opening or closing them to any minor degree, the handle is a tube, having a screw-wreath within its cavity, which admits a corresponding screw on the rod 19 ; so that, by turning round the handle, any small variation in the position of the valves is easily attained. The immediate use of these valves is to enable the superintendent to regulate the admission of steam from the boiler, which, as has been already noticed, he effects by shifting the handle 17 up or down.*

The steam, after passing these valves, enters the upper part of the chamber 20 ; but cannot pass into the cylinder 21, unless the valve 22 be opened—See section. This valve is a portion of a cone, and its orifice has a corresponding fillet, on which the valve rests when closed ; the stopper is a circular plate of copper, fixed to its rod or spindle 23, which works through the metallic-collar 24, and a stuffing of hemp saturated with tallow ; which stuffing is confined to its place by the collar being screwed

* In engines employed in producing a rotatory motion, these valves are usually adjusted by the action of centrifugal balls.

machine, chacune d'elles a une plaque circulaire de cuivre, montée sur son axe qui joue (sans laisser échapper la vapeur) dans ses colliers incrustés dans les tuyaux de fer fondu dans lesquels elles sont placées. Un des deux bouts de ces arbres s'aille de quelques pouces, et se termine en forme de levier, (qu'on ne voit pas dans les planches,) et comme ces arbres sont attachés l'un à l'autre par une petite tringle, et qu'ils ont rapport au manche 17, on peut les ouvrir ou les fermer selon les circonstances. Mais afin d'ouvrir tant soit peu les soupapes, le manche 17 a un nombre de renflements et rainures, qui s'appuyant, successivement sur l'arrete 18, (que l'on voie dans l'élévation latérale) causent une ouverture des soupapes égale à l'espace qui existe entre deux rainures quelconque, et même davantage, en les changeant simplement de haut en bas ; mais afin de les ouvrir ou de les fermer à un moindre degré, le manche est creux avec un écrou en dedans, qui admet une vis correspondante sur la tringle 19 ; de manière qu'en tournant le manche, on peut aisément produire la plus petite variation dans les soupapes. L'usage immédiat de ces soupapes est de donner au surintendant le pouvoir de régler l'introduction de la vapeur de la chaudière en changeant le manche 17, comme nous l'avons déjà dit.*

La vapeur, après avoir passé ces soupapes, entre dans la partie supérieure de la chambre 20, mais elle ne peut pas passer dans le cylindre 21, à moins que la soupape 22 ne soit ouverte, (voyez la coupe). Cette soupape est une portion d'un cone, et son orifice a un filet correspondant sur lequel la soupape est appuyée quand elle est fermée ; l'arrêt est une plaque circulaire de cuivre fixée à sa tige 23, qui agit à travers le collet métallique 24, et un bourre de chanvre impregné de suif ; ce bourre est retenue à sa place par le collet qui est vissé dessus, ce qui empêche

* Dans les machines qu'on emploie pour produire un mouvement circulaire, ces soupapes sont gouvernées par l'action de balles centrifuges.

down upon it, to prevent the escape of steam. The valve is opened or shut, from its rod being engaged with the lever 25, which is attached by the rod 27, to the crank 28, a fixture on the arbor 29; it follows, that if 29 were moved on its axis, the valve 22 would be opened or shut according to the direction of motion of the arbor 29. Thus, for instance, if the tapet 30, should push down the bent lever 31, the valve would become closed, and if any cause should turn the lever in a contrary direction, the valve would be opened; now it will be discovered, that the valve is shut during the down-stroke of the engine, by the tapet pushing down the bent lever, and that it is opened by the weight 32, pulling round the arbor 29, when the tapet 30, becomes disengaged from the lever 31. Thus, then, the weight is the agent employed in opening the valve, while the cause of its becoming closed proceeds from the tapet 30, pushing down the lever 31; it follows that, by shifting down the tapet on its rod, the valve 22, would be closed at an earlier period of the down-stroke of the engine; and *vice versa*, should the tapet be placed higher up, the valve would be closed at a later period of the effective stroke of the machine. It may be remarked that the weight 32 pulls round the arbor 29, only about 60 degrees, after which its progress is stopped by the compound knob of cork and leather 33, coming in contact with the metallic fixture 34, that prevents the weight from pulling the arbor too much round, and, consequently, the valve 22 from being opened to an unnecessary extent.

The valve 22, being opened, the steam enters the working cylinder above the piston 35, (seen in the section,) where it presses upon its upper side, and thereby pushes it down into a vacuum formed below it, and so gives motion to the whole machinery. The piston is a ring of metal, having radiating arms

que la vapeur ne s'échappe. La soupape s'ouvre ou se ferme parce que la tige est engagée avec le levier 25, qui est attaché par la tringle 27, à la charnière 28, fixée sur l'arbre 29 ; il s'ensuit que si 29 tournait sur son axe, la soupape 22 s'ouvrirait ou se fermerait selon ce mouvement. Ainsi, par exemple, si le tapet 30* abaissait le levier courbé 31, la soupape se fermerait, et si le levier se trouvait placé dans un sens contraire par aucune cause, la soupape s'ouvrirait ; maintenant on verra que quand le tapet abaisse le levier courbé, la soupape se trouve fermée pendant que le piston descend, et qu'elle est ouverte par le poids 32, qui fait tourner l'arbre 29, quand le tapet 30 se trouve dégagé de levier 31. Ainsi, donc, le poids est l'agent qui fait ouvrir la soupape, tandis que le tapet 30 qui abaisse le levier 31, est celui qui la ferme : il s'ensuit donc qu'en fixant le tapet un peu plus bas sur la tringle du régulateur, la soupape 22 se fermerait un peu plus tôt ; et *vice versa*, si le tapet se trouvait placé plus haut, la soupape se fermerait un peu plus tard relativement à la course descendante du piston. Il est bon de remarquer que le poids 32 ne tourne l'arbre qu'à peu près à 60 degrés, après quoi le progrès se trouve arrêté par le bouton de liège et de cuir 33, qui rencontre l'arrêté 34, dont l'effet est d'empêcher de faire trop, tourner l'arbre et conséquemment d'ouvrir la soupape 22 plus qu'il ne faut.

La soupape 22 étant ouverte, la vapeur entre dans le cylindre au-dessus du piston 35, (que l'on voie dans la coupe,) où elle presse sur son côté supérieur et par là le pousse en bas vers le vide qui s'y trouve formé, et ainsi donne le mouvement à toute la machine. Le piston est un anneau de métal qui a des rayons, qui joignent l'an-

* On a conservé la mot anglais *tapet* pour exprimer les chevilles et tasseaux qui sont attachés à la tringle du régulateur et font corps avec elle et servent par leur mouvement alternatif de montée et descente à fermer les soupapes et à dégager les encliquetages.

which connect the ring to its centre, where it is fixed to its rod by wedges of iron, and its upper side is covered with a metallic plate which renders the piston impervious to the passage of steam, excepting at its edge, where it is difficult to prevent it from getting past; however it is made to work steam-tight in its cylinder by a packing of hemp, which is prevented from shifting by a projecting flange, both at its upper and under sides.

The packing being necessarily a soft body, soon wears off by attrition on the central surface of the cylinder, for which reason it has to be often replaced. For this purpose the upper flange on the piston is made moveable, it being a flat ring, having holes for admitting screw-bolts for fastening it down to the upper side of the piston, which also compresses the packing, and thus makes the piston steam-tight; and, in order to reduce its friction, a constant secretion of melted tallow is allowed to enter from the cover of the cylinder, which, falling upon the upper side of the piston, finds its way to the packing and other rubbing parts.

The internal surface of the cylinder 21, is bored perfectly straight, which permits the piston to pass within it with the least possible friction; but should the packing not be sufficiently compressed to prevent escape of steam by its side, the cylinder becomes rough like a file, and thereby reduces the packing very fast.

It was stated, that the piston was fixed to its rod. This rod passes through the cover a stuffing of hemp and a metallic collar, similar to 24, which has been already described; and is connected with the end 37 of the great beam* 38; which beam being thereby actuated by the piston, is caused

* This beam is 27 feet in length, between the centres of the piston rod and great pump links; and, at its centre, it is six feet one inch deep on its vertical section.

** Valve and stuffing box*

neau au centre, où il se trouve fixé à sa tige par une clavette de fer, et la partie supérieure est couverte d'une plaque métallique qui arrête le passage de la vapeur à travers le piston, excepté sur le bord où il est difficile d'empêcher qu'elle ne passe; cependant il est apprêté de manière qu'il puisse jouer dans son cylindre sans que la vapeur s'échappe par un entourage de la filasse de chanvre qu'on empêche de changer la place qu'il occupe autour du piston par des bords qui forment une rainure.

La filasse s'use bientôt par le frottement sur la surface intérieure du cylindre, c'est pourquoi on est souvent obligé de la remplacer. Pour remédier à cela le bord supérieur est mobile; c'est un anneau plat qui a des trous pour admettre des boulons qui l'attachent au massif du piston et compriment la filasse, et par-là fait que la vapeur ne peut s'échapper; et afin de diminuer le frottement, on permet du suif fondu d'entrer par un robinet dans le couvercle du cylindre, qui en tombant sur le côté supérieur du piston, pénètre la filasse et enduit les surfaces frottantes.

La surface intérieure du cylindre 21, est parfaitement alesée, ce qui fait que le piston joue là dedans avec très peu de frottement; mais en supposant que la filasse ne soit assez comprimée pour empêcher que la vapeur ne s'échappe par les côtés, le cylindre alors deviendrait râboteuse comme une lime, et par là détruirait la filasse à vue d'œil.

Nous avons dit plus haut que le piston était fixé à sa tige. Cette tige passe à travers du couvercle par un collier bourré semblable à 24, qu'on a déjà expliqué, et elle est attachée au bout 37 du balancier* 38, qui étant mis en mouvement par le piston, fait la bascule comme une

* Ce balancier a 27 pieds de longueur entre le centre de la tige du piston et les chaînes de la grande pompe, et au centre il a 6 pieds 1 pouce de profondeur selon sa coupe verticale.

to move like a balance on its pivots 39 ; while the mine pump-rods 40, 41, and 42, being at one end of the beam, while the piston rod is attached to the other, they are therefore pulled up with the same force as that with which the piston descends—minus the friction, &c. of all the parts.

The cylinder 21, is of cast iron, and is surrounded by a casing 43, which forms a vacuity 44, between itself and the working cylinder ; which receptacle is for admitting a film of steam, for preventing the cold air from condensing the steam within the working cylinder. Steam enters this compartment by the two pipes 45, 45 ; but its external envelope 43, being exposed to the cold air, rapidly attracts caloric from the film of steam, and of course a very considerable condensation is continually going on within this cavity, the elementary water of which steam is drawn off by the siphon pipe 46, and discharged into the hot-water trough 47.

It was stated, that by the valve 22 becoming open, the steam presses upon the upper side of the piston ; let us suppose, that it has arrived at its lowest depression, in which case the cavity of the cylinder above the piston must be full of steam ; for we have said, that its pressure effected the down stroke of that instrument ; hence it is evident that the steam must be allowed to escape, otherwise the piston cannot ascend. This being the state of things, a communication is opened between the top and bottom of the cylinder ; upon which, the upward pressure of the piston causes all the steam above it to pass into the cavity formed by its ascent in the cylinder. This passage for the steam is within the pilasters 48 and 49, which communicating with the chambers 20 and 50, permits the steam to rest, during the down stroke of the piston, upon the upper side of the valve 51 ; but when this valve becomes open, the steam rushes into the cavity of the cy-

balance sur ses tourillons 39 ; comme les tringles de la pompe 40, 41, et 42, se trouvent à un des bouts du balancier, tandis que la tige du piston est attachée à l'autre, le premier par conséquent monte avec une force égale à celle qui fait descendre le piston, moins le frottement, &c. de toutes les pièces.

Le cylindre 21, est de fer fondu, entouré d'une fourreau 43, qui forme une espace 44, entre soi-même et le cylindre; ce vide est fait pour admettre une petite portion de vapeur afin d'empêcher que l'atmosphère ne refroidie le cylindre. La vapeur entre dans cet espace par deux tuyaux 45, 45; mais l'enveloppe extérieur 43, étant exposée à l'atmosphère, attire rapidement le calorique de la portion de vapeur dont nous avons parlé, et naturellement une condensation considérable a constamment lieu dans ce vide, l'eau élémentaire de la vapeur est soutirée par un syphon 46, et coule dans la cuvette de l'eau chaude 47.

On a dit que quand la soupape 22 s'ouvre, la vapeur presse sur la partie supérieure du piston ; supposons qu'il soit arrivé au plus bas degré de sa course ; dans ce cas-là la cavité du cylindre au-dessus du piston doit être remplie de vapeur ; car on sait que sa pression a effectué sa descente ; de-là il est évident qu'il est nécessaire de laisser passer la vapeur, autrement le piston ne pourrait pas monter. En ce cas, on ouvre une communication entre le haut et le bas du cylindre ; sur quoi l'ascente du piston fait que la vapeur qui se trouve au-dessus passe dans la cavité que son ascension fait dans le cylindre. Ce canal pour la vapeur, existe entre les pilastres 48 et 49, et communiquant aux espaces 20 et 50, permet que la vapeur, pendant la descente du piston, reste dessus la soupape 51 ; mais quand cette soupape s'ouvre, la vapeur passe dans la cavité du cylindre au-dessous du piston, et l'ob-

56 MECHANISM FOR WORKING THE VALVES.

linder below the piston, the obstacle to the ascent of which being thus removed, the up-stroke is effected. But while examining this valve and its appendages, let us suppose that it remains closed, by which the piston must remain at its lowest point of depression, because of the pressure of steam upon its upper side.

The valve is in all respects similar to 22, which has been already described, only it has a tubular spindle 52, which permits the rod of the condenser-valve to pass through it. We have said, that if the valve 51, were opened, the up stroke of the piston would take place ; but the cause of its becoming open remains to be explained.

The tubular spindle of the valve is attached to the lever 53, by two rods 54 and 54 ; and this lever being mounted on its arbor 55, and also connected by the rod 56, to the crank 57 (which is a fixture on the arbor 58) ; it follows, that the valve must be opened or shut by the motion of the arbor on its axis. Now, this arbor has a balance lever 59, fixed on its end (seen in the side elevation) ; and at one extremity of the lever there is suspended by the rod 60, a weight 61, which has a tendency to pull down the lever 59, and of course to open the valve 51 ; for the end of 59 being thereby moved in an arc A, causes the crank 57, to move in an arc B, (seen in the section,) which, pulling down the end 53, of the lever 53, causes its other end to pull up the valve 51. But let us not conceive, *a priori*, that this valve has become open ; but rather, that the weight 61 has a sufficient gravity to effect this movement when necessary.

It was said that the piston had finished its down-stroke ; but, from the particular nature of the work to be performed by the engine, it is found necessary to stop the machine at this period of its movements, and to accommodate the number of its strokes in a given time, to the quantity of water that may be collecting in the pit. Thus,

stacle à l'ascension du piston n'existant plus, elle a lieu sur le champ. Mais tandis qu'on examine cette soupape et ces accessoires, supposons qu'elle reste fermée, le piston alors doit se trouver au degré d'abaissement le plus bas, à raison de la pression de la vapeur sur la partie supérieure.

La soupape est parfaitement semblable à 22, qu'on a déjà décrite, mais sa tige 52, est percée dans le sens de sa longueur, afin que la tige de la soupape du condenseur puisse passer à travers. On a dit que si la soupape 51 était ouverte, l'ascension du piston aurait lieu, mais il devient nécessaire d'expliquer la cause qui la fait ouvrir.

L'arbre creux de la soupape est fixé au levier 53 par le moyen de deux tringles 54 et 54, et ce levier étant monté sur son arbre 55, et étant joint en outre par la tringle 56, à la manivelle 57, (qui est fixé sur l'arbre 58); il s'ensuit que le mouvement de l'arbre sur son axe doit ouvrir ou fermer la soupape. Or, cet arbre a un balancier 59, fixé à un de ces bouts (que l'on voie dans l'élévation latérale) et à une extrémité du balancier il y a un poids 61, qui est suspendu par la tringle 60, qui fait baisser le balancier 59, et ouvrir la soupape 51, car le bout de 59 décrivant l'arc A, fait mouvoir la manivelle 57 dans l'arc B (qu'on voie dans la coupe) ce qui en baissant le bout 53, du levier 53, fait ouvrir la soupape 51 à l'autre extrémité. Mais il ne faut pas s'imaginer du premier abord que cette soupape soit ouverte, mais plutôt, que le poids 61 est d'une gravité suffisante pour effectuer ce mouvement quand il le faut.

Nous avons dit que le piston avait achevé sa course descendante, mais la nature particulière de l'ouvrage que la machine doit accomplir est telle qu'il faut l'arrêter ~~en~~ cette position, et de faire en sorte que le nombre de ces impulsions dans un tems donné soit proportionné à la quantité

for example, the engine is employed at present (1828) in pumping water from the shaft in progress of sinking ; and it is reasonable to expect a greater quantity when the well has been excavated to a greater depth. The quantity collecting in the pit will also be increased or diminished by the prevalence of a wet or a dry season. This variation in the quantity of work to be performed by the machine being obvious, the following contrivance is adopted for regulating the number of its strokes in a given time.

We have said, that the weight 61 is capable of opening the valve 51 ; but the arbor 58 is prevented from turning round by a cam, or tooth 62, which projects from it, and rests upon a catch 63. This catch is a fixture on the back of the spring-bar 64, from which arrangement the weight 61 cannot descend, till the catch becomes disengaged from the under side of the cam.*

This being the state of things, and the machine completely at rest, it is evident that the catch must be disengaged by a cause not arising from the action of the machine ; but, leaving the cam pressing down, by the action of the weight, on the catch 63, we shall discover the agent employed in disengaging it.

This piece of mechanism is commonly termed a cataract, but it will be seen that it is a time-divider. It consists of a cylinder 65, having a floating piston within it : —See a section of these parts at fig. D, plate 2. The cavity of this cylinder is full of oil, and it has a lateral communication by a pipe 66, which connects its top and bottom ; so that, during the descent of its piston, which is urged down by a weight placed within the cylindrical box 67, the oil can only pass from below the piston to its upper side through this pipe, the area of which is

* In Plate 2d, this cam and catch are represented at Fig. A, where the section is made at right angles to the axis of arbor 58.

d'eau provenante de la mine. Ainsi par exemple, on emploie à présent (1828) la machine à pomper l'eau du puits qu'on est occupé à creuser ; et il est juste de s'attendre à une plus grande quantité d'eau quand on a creusé le puits à une plus grande profondeur. La quantité d'eau dans le puits s'augmente ou diminue aussi selon la saison. Comme la variabilité de la quantité d'ouvrage que doit faire la machine, est claire, on a adopté l'invention suivante pour régler le nombre de ses impulsions dans un tems donné.

Nous avons dit que le poids 61 peut ouvrir la soupape 51 ; mais on empêche l'arbre 58 de tourner par un cam ou cliquet 62, qui saille et qui s'appuie sur une entaille 63 faite au dos du ressort 64, par l'arrangement duquel le poids 61 ne peut descendre que quand l'incliquetage est dégagé.*

Les choses étant dans cet état, et la machine étant en repos, il est évident que le dégagement doit être effectué par une cause qui n'a pas de rapport à l'action de la machine ; laissons donc appuyer le cam sur l'entaille, et découvrons l'agent qui le dégage.

Cette pièce de mécanisme s'appelle ordinairement cataracte, mais on verra bientôt que c'est une mesure de tems. Elle consiste d'un cylindre 65, qui a un piston qui flotte dans l'intérieur : (Voyez une coupe de ces parties à fig. D, planche 2;) la cavité de ce cylindre est remplie d'huile, et elle a une communication latérale par le moyen d'un tuyau 66, qui fait communication entre le haut et le bas ; de manière que pendant la descente de son piston, qui est excité par un poids dans l'intérieur de la boîte cylindrique 67, l'huile ne peut passer du bas du piston vers le haut

* Dans la seconde planche ce cam et cette entaille sont représentés à la Fig. A, où la coupe se trouve à angles droits vers l'axe de l'arbre 58.

68

intercepted by a stop-cock. By this contrivance, on opening the stop-cock more or less, the oil is pressed through the pipe in a shorter or a longer time. This piston-rod being engaged with the lever 68, communicates motion to it ; and its end D, being thereby moved up in an arc, and simultaneously acting on the spring 64, pushes it outward, and thus disengages the *catch from the cam* 62, on which the weight 61 descends, and thereby opens the valve 51, and permits the up-stroke of the engine to commence. It has only to be remarked, that the descent of 61, causes the arbor 58 to turn round its axis; and from the spur F, being a fixture on this arbor, it thereby pushes back the lever G, and elevates the piston within its cylinder 65, making it ready to descend again among its oil, and in due time to disengage the catch from the cam 62.

The valve 51 being opened, the steam which remained above the piston now escapes to its under side, while the piston moves to the top of the cylinder ; but, just before it has attained its greatest elevation, the tapet 69 drives up the bent lever 70 ; which, by turning the arbor 58, raises the weight 61, sets the cam upon its catch, and closes the valve 51.

This being performed, the machine is ready to make its down stroke ; but, in order to effect this movement of the piston, the steam must be allowed to escape from under it, otherwise the force of that, from the boilers acting on its upper side, could not produce any effect. This is attained by the valve 71, (seen in the section,) becoming open ; but, in the meantime, let us consider it as remaining shut ; indeed, at first sight, from particular circumstances under which this valve is placed, it would be difficult to lift it from its seat ; for its under side is exposed to the vacuum, while its upper side is pressed

que par ce tuyau dont l'aire se trouve réglée par un robinet. Par là en ouvrant le robinet plus ou moins, l'huile passe à travers le tuyau plus ou moins vite. Comme la tringle de ce piston tient au levier 68, il lui communique du mouvement, et le bout D mouvant en conséquence dans un arc, et agissant sur le ressort 64, le repousse, et par là dégage l'encliquetage, sur quoi le poids descend, et en ouvrant la soupape, 51 permet l'ascension du piston. On remarquera simplement que la descente de 61 fait que l'arbre 58 tourne autour de son axe ; et comme l'éperon F fait corps avec l'arbre, par là il repousse le levier G, et lève le piston dans son cylindre 65, afin d'être prêt à descendre encore dans l'huile, et à dégager à tems l'encliquetage 62.

La soupape 51 étant ouverte, la vapeur qui était dessus le piston passe dessous, pendant que le piston monte vers le haut du cylindre ; mais un peu avant qu'il soit parvenu au plus haut degré d'élévation, le tapet 69 chasse le levier courbé 70 ; ce qui, en tournant l'arbre 58, fait lever le poids 61, engage l'encliquetage, et ferme la soupape 51.

Cela étant faite, la machine est prête à faire son impulsion descendante ; mais afin de produire ce mouvement du piston, il est nécessaire d'aneantir la vapeur en dessous, autrement la vapeur arrivant de la chaudière ne pourrait produire aucun effet. Ceci s'accomplit par la soupape 71, qui s'ouvre alors (comme on la voit dans la coupe;) mais pour le moment il faut la considérer comme si elle était fermée ; au premier coup d'œil, à cause de certaines circonstances qui appartiennent à cette soupape, il semble qu'il serait difficile de la bouger de sa place ; car le dessous est exposé au vide tandis que le dessus est

62 MECHANISM EMPLOYED IN WORKING THE VALVES.

down by the steam ; but the inconveniency is ingeniously removed by the following contrivance.

The spindle of the valve 71 is attached to the rod of piston 72, which works steam-tight in its cylinder 73, and a lateral pipe 74 communicates with the great cylinder,* which permits steam to pass from thence, and to press on the under side of 72, and thereby brings the upward and downward pressure on the valve into equilibrium. Things being thus adjusted, we shall discover the cause of the valve 71 becoming open.

The rod 75, to which the valve is fixed, being engaged with 76, and this lever also connected with the arbor 77, by the crank 78 and the rod 79, it is evident, that the valve 71 would be opened or shut by the motion of the arbor 77. Now this arbor has a lever 80 fixed on its end, (seen in side elevation), from which a weight 81, is suspended ; it follows, that were it not for the intervention of a cause, this weight would keep the valve continually open.† This is prevented by the cam 82, pressing up against the catch 83, (seen in Plate, No. 1, and also at Fig. B, Plate 2), which catch being a fixture on the spring-bar 84, while the cam is a fixture on 77, it completely prevents, till the proper time, the opening of the valve 71, by the descent of the weight 81. Things being thus arranged, it will be perceived that the arbor 58, has another cam 85, which, when the engine is finishing its up-stroke, is caused to push out the spring-bar 84, by the tapet 69 driving up the bent lever 70. This being performed, the catch 83 no longer holds down the cam 82, and of course the valve 71, is opened by the descent of

* See the middle elevation.

† These weights are metallic boxes, mounted on levers passing through them ; and, to obtain a less or a greater descending power in the weights, they are placed nearer to, or farther from the fulcrums of the levers, as the case may require.

comprimé par la vapeur ; mais on a remédié à cet inconvénient par un moyen ingénieux.

On attache la tige de la soupape 71 à la verge du piston 72, qui joue dans son cylindre 73, sans laisser échapper la vapeur, et il y a un tuyau latéral 74 qui communique au grand cylindre,* et laissant passer la vapeur de là, dessous 72, par-là le met en équilibre avec la pression de la vapeur sur le dessus de la soupape, pendant que le haut du piston, et le dessous de la soupape sont exposés au vide ; après cette explication, nous allons découvrir la cause qui fait ouvrir la soupape 71.

La tringle 75, à laquelle est fixée la soupape, étant jointe à 76, et ce levier étant joint en outre à l'arbre 77 par la manivelle 78, il est évident que le mouvement de l'arbre 77 ouvrirait ou fermerait la soupape 71. Or, cet arbre a un levier 80, qui est fixé à un de ces bouts, (qu'on voit dans l'élévation latérale,) d'où est suspendu un poids 81 ; il s'ensuit que s'il n'y avait pas une cause, ce poids tiendrait la soupape constamment ouverte.† Cela est remédié par le cam 82 qui reste dans l'entaille 83, (qu'on voit dans la planche No. 1, et aussi à la figure B, planche No. 2,) et comme cette entaille est faite sur le ressort 84, tandis que le cam l'est sur 77, cela empêche complètement que la soupape ne s'ouvre qu'au moment nécessaire, ce qui aurait lieu par la descente du poids 81. Tout étant ainsi préparé, on verra que l'arbre 58 a un autre cam 85, qui au moment que la machine finit son impulsion ascendante, repousse le ressort 84 par le moyen du tapet qui chasse le levier courbé 70. Ceci étant fait, l'entaille 83 ne retient plus le cam 82, et naturellement la descente du poids

* Voyez l'élévation centrale.

† Ces poids sont des boîtes métalliques montées sur des leviers qui les traversent, et afin que les poids puissent obtenir un pouvoir plus ou moins grand, on les fixe plus ou moins près du support des leviers, selon les circonstances.

the weight 81. The valve being opened, the steam rushes down through the pipe 86, into the condenser 87, where it is condensed by a jet of water being permitted to enter that refrigeratory; and a vacuum being thereby formed below the piston, it is caused to descend by the combined force of steam (a force above that of the atmosphere) and by the power generated by a vacuum, till near to its lowest depression, when the tapet 88, pushes down the bent lever 89, which at the same instant raises the weight 81, and closes the valve 71, that leads to the condenser. Here the machine becomes quiescent, till the time-divider has again performed its duty.

We shall now describe the condenser and its appurtenances. This refrigerant vessel 87 is, at all times, surrounded by cold water contained in the cistern 90; and has attached to its side a pipe 91, that opens to the inside of the condenser, while its under orifice (seen in the section) is immersed in the fluid; it follows, that if condensation of steam were in the least to commence within the condenser, the water in the cistern 90, would be pressed through this pipe 91, into the refrigeratory by the pressure of the atmosphere, (§ 13). But a continual stream of water is not permitted to enter the condenser—a simple jet being found sufficient to condense the steam; hence the fluid enters only during the down stroke of the machine.

The pipe 91 therefore, has a valve at 92, which is opened precisely at the same instant with the valve 71, which permits steam to enter the condenser. This is effected by the valve-rod 93 being connected with the arbor 77, by the crank 94; from which, when the weight 81 descends, the crank 94 becomes elevated, and thereby pulls up the jet-valve 92, and so permits a jet of cold water to enter the condenser. But, in order to adjust the

81 ouvre la soupape 71. La soupape étant ouverte, la vapeur se rend par le tuyau 86, dans le condenseur 87, où elle est condensée par un injection d'eau qu'on laisse entrer dans le réfrigérant ; et comme par-là il se forme un vide dessous le piston, on le fait descendre par la force combinée de la vapeur (dont la force est au-dessus de celle de l'atmosphère) et par le pouvoir généré par un vide, jusqu'à ce qu'il arrive près la fin de sa course, alors le tapet 88 fait descendre le levier courbé 89, qui au même instant leve le poids 81, et ferme la soupape 71, qui conduit au condenseur. La machine reste ici immobile jusqu'à ce que le diviseur agisse encore.

Nous allons maintenant décrire le condenseur et ses accessoires. Ce vaisseau réfrigérant 87 est toujours entouré de l'eau froide de la grande bache 90 ; sur ses côtés se trouve attaché un tuyau 91, qui s'ouvre dans l'intérieur du condenseur, tandis que son orifice inférieur (comme on le voit dans la coupe) est plongé dans le fluide ; il s'ensuit que si la condensation de la vapeur allait commencer même tant soit peu, la pression de l'atmosphère (§ 13,) forcerait l'eau de la bache 90, d'entrer dans le réfrigérant par ce tuyau 91. Mais il n'est pas nécessaire de laisser entrer l'eau continuellement dans le condenseur, parcequ'il suffit d'un jet pour condenser la vapeur ; ainsi le fluide n'entre que pendant la descente du piston.

Le tuyau 91 a par conséquent une soupape à 92, qui s'ouvre précisément au même instant que la soupape 71, par le moyen de laquelle la vapeur entre dans le condenseur. Ceci s'effectue à raison de ce que la tringle de la soupape 93 fait charnière avec l'arbre 77, par la manivelle 94, par laquelle quand le poids 81 descend, la manivelle 9 se trouve levée, et par-là leve la soupape d'injection 92, et laisse entrer un jet d'eau froide dans le condenseur. Mais

quantity of fluid entering the condenser, the following contrivance is adopted, (see a section of these parts at Fig. C.) In addition to the jet-valve already mentioned, whose opening is more than sufficient to admit of a proper jet of water, there is another valve 95 which is a flat plate of copper attached to its rod 97. This valve is made to slide up, or down, in the metallic casing in which it is placed; and when shut, no water can enter the condenser although the valve 92 be opened by the action of the machine: but, from this arrangement, it will be perceived, that, by pulling up the valve 95 a little, a portion of water would enter; and, by pulling it still farther up, a greater quantity of the fluid would enter the refrigerator. Now, in order to obtain a proper opening of the valve 95, its rod passes through a bracket 96, and the rod 97, at this part, has a screw upon it, which admits a corresponding screw within each of the handles 98 and 99. From this arrangement, by turning one or other of these handles, the valve 95 can be opened, or closed, to an extent proper to admit the entrance of any quantity of water required for the condensation of steam,

We have seen that a jet of water is forced into the condenser at every stroke of the engine; and, it has also been stated, that the steam contains a portion of uncondensable gas; which, when added to the elementary water of the steam, and that of the jet, points out the necessity of a contrivance for removing them from the cavity of the condenser,—otherwise it would soon become full of water and air, and of course rendered useless.

This is prevented by the action of the air-pump 100; which communicates with the condenser by a passage having a valve at 101, which opens towards the pump. The piston 102 of this pump has two valves 103 upon its upper side; which, during the down stroke, permit the air and water to get to the upper side of the piston, from which

afin d'en faire entrer une quantité exacte dans le condenseur on a adopté la méthode suivante (voyez la coupe Fig. C.) Outre la soupape d'injection dont nous ayons déjà parlé, et qui a une ouverture plus grande qu'il ne faut pour admettre l'eau requise, il y a une autre soupape 95, qui est une plaque de cuivre attachée à sa tige 97. Cette soupape est construite de manière à pouvoir glisser du haut en bas dans la boîte métallique où elle se trouve placée; et quand elle est fermée, l'eau ne peut nullement entrer dans le condenseur, quoique la soupape 92 soit ouverte par l'action de la machine; mais, on verra par cet arrangement, qu'en ouvrant un peu la soupape 95, il y entre une portion d'eau, et qu'en l'ouvrant encore davantage, une plus grande quantité de fluide entrerait dans le réfrigérant. Afin de pouvoir ajuster l'ouverture de la soupape 95, sa tige passe au travers d'un gousset 96, et il y a une vis sur la tige 97 à cet endroit, qui admet un écrou correspondant en chacune des manivelles 98 et 99. Par-là en tournant l'une ou l'autre de ces deux manivelles, on peut ouvrir ou fermer la soupape 95, de manière qu'elle puisse laisser entrer l'eau qui suffit à condenser la vapeur.

Nous avons vu qu'un jet d'eau entre dans la condenseur à chaque impulsion de la machine; et nous avons dit aussi que la vapeur contient une portion de gaz incondensable; ce qui, en y ajoutant l'eau élémentaire de la vapeur et celle du jet, cause la nécessité de faire quelque chose pour les extraire de la cavité du condenseur, autrement ce dernier deviendrait bientôt plein d'eau et d'air, et par conséquent inutile.

C'est ce qu'on empêche par l'action de la pompe à air 100, qui communique au condenseur par un canal qui a une soupape à 101, dont l'ouverture est placée vers la pompe. Le piston 102 de cette pompe a deux soupapes 103 sur sa partie supérieure, qui, pendant l'impulsion descendante, laissent passer l'air et l'eau par dessus le piston, d'où ils

place they are discharged during the up stroke, by being ejected through the valve way of 104. This valve opens into the trough 47, which separates it from the cold water cistern ; and from this trough, the water ejected by the air-pump runs off by the pipe 105, which conducts it, together with a portion of the condensing water, to the pump 127, from which it is received by the pump 4, and raised by it to the top of the feed-pipe 3 : but should the whole quantity so pumped, not be required for the generation of steam, the superabundance runs off by the pipe 106.* The pump 107 supplies the condensing cistern with cold water ; and the pump 108 is for filling the cistern, if at any time it becomes dry in consequence of repairs ; in which case, this cistern must have a portion of water in it, in order that the machine may be able to work, by condensing its steam.

Having noticed the parts immediately engaged in opening the valves, and condensing the steam, &c., it will be proper to notice those that are employed in regulating the ordinary motions of the machine, and those that come into action as exigencies require ; in doing so, we shall, in the first place, retrospectively consider the great lever-beam 38, and its appendages.

It will be perceived, that from the piston 35 moving in a straight cylinder, and from its rod working steam tight in a metallic collar, the motion of the rod would be completely rectilinear ; and that, if it should be forcibly drawn aside in its progress up or down, the rod would be bent, and so rendered useless : it will be observed too, that if the rod were fixed to the end of the beam, the former would be broken by the latter performing its movements in an arc, while the piston rod must necessarily move in a straight line.

This is prevented by the piston rod having a cross head

* Seen in the perspective view at the top of the feed-pipe.

s'écoulent pendant l'impulsion ascendante à travers la soupape 104. Cette soupape s'ouvre dans la cuvette 47, qui la sépare de la bache qui contient l'eau froide ; et l'eau que rejette la pompe à air, coule de cette cuvette par le tuyau 105, qui la conduit avec une portion d'eau de condensation vers la pompe 127, de laquelle elle est reçue par la pompe 4, qui l'élève au haut du tuyau nourricier 3 : mais en supposant que toute la quantité ainsi pompée, ne serait pas nécessaire à la production de la vapeur, le surplus alors s'écoule par le tuyau 106.* La pompe 107 fournit de l'eau froide à la grande bache ; et la pompe 108 est faite pour remplir la bache s'il arrivait qu'elle serait vidé à cause des réparations ; dans ce cas-là la bache doit recevoir une portion d'eau, afin que la machine puisse jouir en condensant sa vapeur.

Après avoir parlé des pièces dont on se sert pour ouvrir les soupapes, et pour condenser la vapeur, &c., il devient nécessaire de faire allusion à celles dont on fait usage pour régler les mouvements ordinaires de la machine ; et celles qu'on emploie en certains cas ; nous commencerons d'abord à considérer le grand balancier 38 et ses accessoires.

On verra que comme le piston 35 joue dans un cylindre parfaitement uni, et comme la tige agit dans un collier d'où la vapeur ne peut pas s'échapper, le mouvement de la tige doit donc être rectiligne, et que si elle se trouvait dérangée dans son mouvement de haut en bas, elle se fausserait, et par conséquent ne pourrait plus agir : on observera aussi que si la tige était attachée au bout du balancier, celle-là se casserait tandis que celui-ci ferait ses mouvements dans un arc, parce que la tige du piston doit nécessairement mouvoir en ligne droite.

On peut empêcher que cela n'ait lieu en mettant une

* On le verra dans la vue perspective, au haut du tuyau nourricier.

109 linked into 110, while the links are each hung on a pivot 111, which projects from the beam ; from which construction, the line connecting the piston-rod to the beam is flexible ; and the quantum of inflection is produced by the rods 113, 114, 115, and 116, which move on pivots at their junctions, while they are also attached to the cross head 109 ; and being equal in length to a fourth of the beam, and to each other, they form collectively a parallelogram,—a line drawn between the centres of 111 and 117 being one of its sides. By this construction, the air-pump rod 119, together with the piston-rod, is made to move in paths which differ imperceptibly from straight lines.

On the top of each of the links, small oil-vases are fixed, which secrete the fluid to the pivots on which the links are hung.

The weight of water in the pumps, and consequent balancing force upon the piston that lifts it, when added to the weight of the lever beam and its appendages, may be estimated at about 80 tons ; all which weight concentrating on the arbor 39, makes it difficult to prevent the copper-bushes on which it rests from being destroyed,—from oil not penetrating to every part of the bearing. This, however, is attained by the use of a cup 120 and 121 to each of the bearings ; and a pump 122, which receives its motion from the arbor 39, pumps the oil from the cups, and pours it upon the upper side of the bearing pivots. This contrivance prevents the evil which was complained of before its adoption ; and has been appended by Mr. George Grieve, superintendent of the works.

The great pump-rods 40, 41, and 42, are formed by connecting bars of wood to each other by iron couplings ; and from attrition of these parts, and from their becoming rusted, it is not impossible that a deficiency in point

traverse 109 attachée à 110 sur la tige du piston, tandis que les montants pendent séparément sur des pivots 111, qui saillent du balancier, par laquelle construction la ligne qui lie la tige du piston au balancier est flexible, et la quantité de flexibilité est produite par les verges 113, 114, 115, et 116, qui font chânières à leur jonction, et sont en outre attachées à la traverse 109; et comme la longueur de chacune est la même, et qu'elle est égale au quart du balancier, elles forment ensemble un parallélogramme—la ligne qui se trouve entre les centres de 111 et 117 forme un de ses côtés. Par cette construction la tige de la pompe à air 119, aussi bien que la tige du piston, parcourront des lignes qui diffèrent très peu des lignes droites.

On fixe de petits vases remplis d'huile sur le haut de chaque montant, afin de fournir le fluide aux pivots sur lesquels les montants sont suspendus.

Le poids de l'eau dans les pompes, et l'effort que fait le piston pour le lever, ajoutés au poids du balancier et de ses accessoires peut peser à-peu-près 80 tonneaux; et comme ce poids est concentré sur les tourbillons 39, il fait qu'on ne peut pas empêcher que les boîtes de cuivre sur lesquels ils s'appuient, ne soient détruites—parceque l'huile ne peut pas pénétrer dans toutes les parties frottantes. On remédie à cela en faisant usage d'un godet 120 et 121, à chacun des supports, et de la pompe 122 qui reçoit son mouvement du tourillon 39, et pompe l'huile des godets et la verse sur la partie supérieure des tourbillons. Cette invention empêche le mal dont on se plaignait avant qu'elle fut adoptée, et c'est Mr. George Grieve surintendant des usines qui l'a ajoutée à la machine.

On forme les grandes tiges à pompe 40, 41; et 42, de poutrelles de bois, qui sont liées par le moyen de plaques de fer, et à raison du frottement et de ce qu'elles deviennent rouillées, il est fort possible que l'inspecteur

of strength may take place, unobserved by the most vigilant inspector; in which case, most likely, the deficiency would become known, by a severe accident to the machine: thus, during the descent of the piston, the whole weight of water in the pumps is suspended by their rods; from which, it will be perceived, that if one of these were to break, the balance between the descending power of the piston and its load would be destroyed, and the former would descend with an increased power and celerity of motion; which, together with the additional momentum acquired by the machine, would, most likely, shiver either the piston or cylinder in pieces, by the former striking against the bottom of the latter. But these disastrous effects are obviated by the stop 123; which being a strong beam firmly fixed to the beam 38, prevents the piston from descending too far,—by the stop coming in contact with the oak-spring 124, which produces an elastic check to the descent of the piston: and, in order to prevent another stroke from being performed under the same circumstances, the following ingenious piece of mechanism is employed to prevent the piston from rising again.

The pulley 125 (seen at top of the pipe leading to the condenser) is mounted on its axis, and a leathern strap 126 passes round its periphery; which strap is also attached to the lever 127 which has a weight 128 fastened on its end. The pivot on which this lever is hung is at 129; and a rod 130, together with the lever 131, completes the effective part of the apparatus. From this arrangement, it will be perceived, that the weight 128 cannot descend till the pulley shall turn on its axis, which it is prevented from doing by a catch 132 holding by a notch on its periphery. Things being thus arranged, when the piston descends too far, the end of the key-pin

même le plus vigilant ne puisse pas s'apercevoir qu'il y ait une diminution de leur force ; et dans ce cas-là il est vraisemblable que cette diminution se ferait connaître par un terrible accident à la machine : ainsi comme pendant la descente du piston tout le poids de l'eau dans les pompes est suspendu par leurs tiges, on s'apercevra que si une de ces tiges allait se casser, l'équilibre qui existe entre le pouvoir descendant du piston et son poids serait détruit, et que celui-là descendrait avec un pouvoir augmenté et un mouvement accéléré ; ce qui, avec le momentum additionel que la machine aurait acquis, détruirait vraisemblablement ou le piston ou le cylindre par la raison que le premier se heurterait contre le fond du dernier. Mais on remédie à ces effets malheureux par l'arrêt 123 qui est une forte traverse de bois fixée au balancier 38, et qui empêche que le piston ne descende trop loin—l'arrêt venant à se rencontrer avec le ressort de bois 124, produit un empêchement élastique à la descente du piston : et afin de faire en sorte qu'une autre impulsion n'ait lieu dans telles circonstances, on emploie la pièce ingénieuse de mécanisme suivante, pour empêcher que le piston ne s'élève encore.

On monte sur son axe la poulie 125 (qu'on voie au haut du tuyau qui conduit au condenseur,) autour de quelle on passe une courroie 126 ; cette courroie est aussi attachée au levier 127, au bout duquel on a fixé un poids 128. Le pivot sur lequel ce levier fait bascule est à 129 ; et une verge 130, avec le levier 131, forment la partie effective de la mécanisme. Par cet arrangement on peut voir que le poids 128 ne peut descendre que quand la poulie tournera sur son axe, qu'on peut empêcher par un cliquet 132 qui tient par une entaille sur sa circonference. Les pièces étant ainsi arrangées, quand le piston descend trop loin, le bout de la clavette 133 de la tige

133, of the air-pump-rod, comes in contact with the tail of the catch E ; and by pushing it down, disengages it from the edge of the pulley. This being performed, the weight 128 descends, and thereby pulling up the lever 131, prevents the weight 61 from descending ; because the end of the lever on which the weight is mounted, rests upon 131 ; therefore the valve 51 remains shut, and the piston cannot rise ; because the steam above it is prevented from escaping into the cavity of the cylinder below it.

It has been stated, that the piston makes an 8 feet stroke ; but it is capable of working at any less range. This can be effected by shifting the tapets 30, 69, and 88, nearer to each other ; which can be performed by turning the handles of the screw-rod 134 ; by which the tapet 30 is caused to advance, or retreat from 69 as the case may require ; the effect of which is, that the piston makes a short or a longer stroke, by the tapets closing the valves at an earlier or a later period of its movements.

We shall here remark, that it is considered proper that the steam should begin to press upon the upper side of the piston at the instant the condenser valve becomes open. With this view, the rod 136 connects the steam-induction-valve 22 and 51 ; from which the opening of both valves must be simultaneous ; but, for a reason about to be explained, this rod has been disengaged from the New-Craighall machine : meantime we may premise, that the valve 22 which permits steam to enter from the boiler is always open, except when the piston is verging to its lowest point of depression ; at which time, this valve being gradually closed upon the aperture by which the steam enters, the momentum of the engine, by this elastic check is gradually reduced ; and a saving of steam is at the same time effected, by allowing its expansive force, within the cylinder, to terminate the stroke.

de la pompe à air rencontre la queue du cliquet E, et en la repoussant, la dégage de l'entaille de la poulie. A ce moment-ci le poids 128 descend, et par-là faisant monter le levier 131, empêche que le poids 61 ne descende ; parce que le bout du levier sur lequel le poids est monté s'appuie sur 131 ; en conséquence la soupape 51 reste fermée, et le piston ne peut pas se lever ; parce que la vapeur qui est au-dessus ne peut passer dans la cavité du cylindre qui est dessous.

On a dit que le piston fesait une course de 8 pieds, mais il peut la faire moins longue. Cela peut se faire en fixant les tapets 30, 69, et 88 plus près l'une de l'autre, ce qu'on fait en tournant les manivelles de la verge taraudée 134, par le moyen desquelles on peut faire avancer ou reculer le tapet 30 de 69 suivant les circonstances ; l'effet que cela produit est que le piston fait une course plus ou moins longue selon la position des tapets qui ferment les soupapes à une période plus ou moins avancée de ses mouvements.

Nous remarquerons ici qu'il est nécessaire que la vapeur commence à presser sur le côté supérieur du piston au moment que la soupape du condenseur s'ouvre. Dans cette vue la verge 136 fait une connection entre les soupapes 22 et 51 ; par quoi l'ouverture des deux soupapes doit être simultanée ; mais à cause d'un fait que nous allons expliquer, on a supprimé cette connection dans la machine de New Craighall ; à présent nous observerons que la soupape 22 qui laisse entrer la vapeur de la chaudière, est toujours ouverte, jusqu'à ce que le piston approche la fin de la course : à ce moment-là la soupape s'étant graduellement fermée, le mouvement de la machine se trouvé rallenti par degrés à cause de cet arrêt élastique ; et on peut en-même-tems économiser la vapeur, en faisant en sorte que sa force expansive termine l'impulsion.

76 MANNER OF PUTTING THE MACHINE IN MOTION.

Let us now conceive the machine to be quiescent, in which case the piston is suspended at its greatest height having been pulled up by the weight of the pump-rods. In this position, the condenser-valve 71 is open, while 51 remains close ; but the induction-valve 22 is open. Things being thus arranged, let it be proposed to set the engine to work ; preparatory to which, however, all air must be expelled from the internal parts.

In order to effect this, the superintendent pushes back the bent-lever 70, and thereby produces an inflection in the straight line formed during present circumstances, between the crank 57 and the rod 56 ; by which the valve 51 is opened a little, and steam rushes into the cavity of the cylinder, and expels the air from it through the valve 71 ;—and also entering the condenser, pushes out the air from thence, by blowing it through the pipe 137.

This pipe has a valve on its external orifice, within the box 138 ; which valve opening outwards, permits the air to be blown out of the condenser ; but when shut prevents any from getting into that vessel. This process of blowing the engine, as it is termed, is continued for a few minutes, in order that the parts may be sufficiently warmed to prevent condensation of steam within them when the machine is set to work ; during which blowing, too, the valve 95 is kept shut, to prevent the entrance of water into the condenser. But all things being ready, the attendant closes the valve 51, by pulling the handle 70 ; next, he closes the valve 71, by pulling down the bent-lever 89, and thereby prevents the vacuum, about to be formed in the condenser, from exciting the piston too suddenly. Now, because the rod 136, by its connecting the valves 22 and 71 to each other, would cause the keeper of the engine to raise the weights 32 and 81, which being too ponderous to lift, has made it necessary to disengage the

Considérons maintenant la machine en repos ; alors le piston est soutenu au plus haut degré de sa course par le poids de la tige de la pompe extérieure. Dans cette position, la soupape du condenseur 71 est ouverte, tandis que 51 est fermée ; mais la soupape 22 est ouverte. Tout étant ainsi arrangé, si on veut faire jouer la machine, il est nécessaire de chasser l'air de toutes les parties intérieures.

Afin d'effectuer cela, le directeur repousse le levier courbé 70, par quoi la soupape 51 s'ouvre un peu, et la vapeur se précipitant dans la cavité du cylindre, en chasse l'air par la soupape 71 ;—et entrant, en outre, dans le condenseur, en fait sortir l'air, en le chassant par le tuyau 137.

Ce tuyau a une soupape sur son orifice extérieur, dans la boîte 138 ; cette soupape s'ouvrant à l'extérieur, laisse sortir l'air du condenseur ; mais en se fermant empêche qu'il n'y entre dans ce vaisseau. Ce procédé de souffler la machine, continue pendant quelques instans, afin que les parties gagnent une chaleur suffisante pour empêcher que la vapeur ne se condense quand la machine commence à se mettre en mouvement ; pendant qu'on souffle, la soupape 95 reste fermée, afin que l'eau n'entre point dans le condenseur. Quand tout est bien préparé, le directeur ferme la soupape 51, en faisant tourner la manivelle 70 ; ensuite il ferme la soupape 71 en faisant tomber le levier courbé 89, et par-là empêche que le vide qui est prêt à se former dans le condenseur, n'agisse trop tôt sur le piston ; mais parce que la tige 136 qui joint les soupapes 22 et 71 l'une à l'autre, induirait le directeur de la machine à lever les poids 32 et 81 ; et comme les poids sont en quelque sorte au-dessus de ses forces, de-là vient la né-

rod 136.* Having shut the condenser-valve, the attendant next pulls down the handle 139, which lever is connected with the rod 93; and thereby opening the valve 95, a jet of water enters the condenser, which condensing the steam, a vacuum is formed within that vessel:—and the attendant now opens the valve 71 a little, by allowing the lever 89 to rise up, which permits the steam which is below the piston to rush down into the condenser,—on which the motion of the machine gradually commences.

Having, as we think, noticed all the important parts of the engine, we shall next endeavour to discover its power of action; but before doing so, it may be proper to observe, that the difference between this machine and those on the double-acting principle, chiefly consists in its having only three valves. Were another valve placed within the chamber 20, to permit the steam to rush into the condenser during the ascent of the piston; while the valve 51 simultaneously permitted steam from the boiler to press against its under side, then would its motion and power of ascent be similar to the present effective stroke of the machine; and its power would be doubled—minus the force expended in pumping double the quantity of its present water and air from the condenser—and in raising the condensing water, together with the water for feeding the boiler. It may be assumed, too, that were this machine to be made a double-acting one, the time-divider would be dispensed with: because the motions of such machines require to be uniform and continuous, and the weights 31, 81, and 61, would also be unnecessary, as the machine

* In the single-acting engines, by Boulton and Watt, these valves are invariably connected by a similar method to that proposed for the New-Craighall engine; but the mechanists having found the contrivance inconvenient in so large a machine, have so ingeniously adjusted the opening of both valves, that they work independent of each other.

cessité de dégager la tige 136.* Après avoir fermé la soupape du condenseur, le directeur fait ensuite tomber la manivelle 139, dont le levier est joint à la tige 93 ; et par là ouvrant la soupape 95, laisse entrer dans le condenseur un jet d'eau, qui, en condensant la vapeur, forme un vide dans ce vaisseau : et le directeur ouvre un peu maintenant la soupape 71, ce qui, laissant monter le levier 89, permet à la vapeur, qui est au-dessous du piston, d'entrer dans le condenseur,—sur quoi la machine commence à se mettre graduellement en mouvement.

Comme nous croyons avoir expliqué toutes les pièces importantes de la machine, nous allons maintenant tâcher d'expliquer sa force ; mais avant d'entrer en matière, il est bon d'observer, que la différence qui existe entre cette machine et celles à double effet, ne consiste que de ce qu'elle n'a que trois soupapes. Si on plaçait une autre soupape dans l'espace 20, pour faire entrer la vapeur dans le condenseur pendant l'ascente du piston ; pendant que la soupape 51 permettrait en même tems la vapeur de la chaudière de presser contre le dessous, alors le mouvement et le pouvoir d'ascension deviendrait semblable aux impulsions descendantes de la machine ; et la force en serait doublée—moins celle employée à pomper une double quantité d'eau et d'air du condenseur—and en montant l'eau pour condenser la vapeur et alimenter la chaudière. On peut aussi se passer d'un diviseur, si la machine était construite à double effet : parce que les mouvements de telles machines demandent qu'ils soient uniformes et continus, et les poids 31, 81, et 61, deviendraient inutiles,

* Dans les machines à simple effet, par Boulton et Watt, ces soupapes sont invariablement jointes selon la méthode qu'on a proposée par la machine de New-Craighall ; mais les mécaniciens ayant trouvé que l'invention avait des inconveniens quand elle était appliquée à une machine si étendue, ont arrangé l'ouverture des soupapes avec tant d'ingénierie qu'elles agissent indépendamment l'une de l'autre.

would then open or shut its valve immediately at the termination of its respective strokes.

POWER OF THE ENGINE.

The diameter of the piston being 80 inches, then
 $80^2 = 6400$ the square of its diameter, and

$\times .7854$ gives

5026.56 sup. inches = area of the piston ; which, while at work, is urged down by the united force of the steam, and the power generated by the use of the vacuum.* We shall estimate the power arising from condensation of the steam at 14 lbs. per inch ; and since the elementary water enters the generators by its statical action, the height of the incumbent column will give the maximum effect of steam within the boilers ; for if the expansive force of steam within them should exceed the statical force of the water in the feed-pipe, the fluid mass would be blown out, and of course the action of the machine would cease. This column of water in the feed-pipe being about 10 feet 6 inches above the surface of that in the boiler, we have (by § 15) $33 : 14.5 :: 10.5 : 4.613$ lbs. per square inch of downward pressure of the water—equal also the pressure of steam on the base of the column necessary to support it ; therefore

14 lbs. available power produced from condensing steam,
+ 4.613 lbs. the maximum effect of steam per inch,
18.613 lbs. the descending power per inch on the piston,
 $\times 5026.56$ sup. inches, or area of piston,

93559.86128 lbs. equal the power of the engine, if mov-

* The force of steam here mentioned should be understood as representing its pressure when heated above 212° ; for it will be remembered, that steam of this temperature is equal in elasticity only to the pressure of the atmosphere, § 8 ; and that it is by its condensation alone that the effect upon the piston is produced—§ 18.

comme la machine alors ouvrirait ou fermerait sa soupape aussitôt après la fin de ses impulsions respectives.

EFFET DE LA MACHINE.

Le diamètre du piston étant 80 pouces, alors
 $80^2 = 6400$ le carré de son diamètre, et

$\times .7854$ donne

5026, 56 pouces de surface = l'aire du piston ; qui, pendant qu'elle est en mouvement, est poussée en bas par les forces réunies de la vapeur et du pouvoir qu'a créé le vide.* Nous fixerons le pouvoir que produit la condensation de la vapeur à 14 livres par pouce ; et puisque l'eau élémentaire entre dans la chaudière par son action statique, la hauteur de la colonne du tuyau nourricier est une mesure de la force de la vapeur dans les chaudières : car si la force élastique de la vapeur excédait le poids hydrostatique de l'eau dans le tuyau nourricier, l'eau serait repoussée et la machine cesserait d'agir. Cette colonne d'eau dans le tuyau nourricier étant à-peu-près de 10 pieds 6 pouces au-dessus de la surface de celle qui est dans la chaudière, nous avons (par § 15.) $33:14.5::10.5:4.613$ livres par pouce carré de pression de l'eau, égale à la pression de la vapeur sur la base de la colonne qui est nécessaire pour la soutenir ; il s'ensuit donc.

14 liv. de pouvoir efficace que produit la vapeur condensée,
 $+ 4.613$ livres, qui est l'effet au maximum de la vapeur
 par pouce,

18.613 livres, la pression par pouce sur le piston,
 $\times 5026.56$ pouces de superficie, ou l'aire du piston,
 93559.36128 livres, équivaut au pouvoir de la machine,

* C'est entendu que la force de la vapeur, dont nous venons de parler, est égale à une pression créée par une température plus élevée que 212° ; car il ne faut pas perdre de vue que la vapeur à cette température n'est égale en élasticité qu'à la pression de l'atmosphère, (§ 8) et que la condensation est la seule chose qui produise de l'effet sur le piston, (§ 18.)

ing without friction, &c. : but the machine being employed in raising water from a depth of 540 feet, requires that this force should be considerably more than the weight of the water in the pumps.

The diameter of the pumps being 16 inches,
 $16^2 = 256$, the square of their diameter,* which
 $\times .7854$ gives

201.0624 sup. inches. or area of pump piston, and

$$\frac{201.0624 \times 540 \times 12}{1728} = 753.984 \text{ cubic feet of water in the}$$

pumps :—but according to Robison and Dr. Wyberd, a cubic foot of water, weighs 62.5 lbs. ; whence $753.984 \times 62.5 = 47124$ lbs. the weight of water in the pumps. But the power of the engine being 93559.86128 lbs., therefore $93559.36128 - 47124.0$ lbs. = 46435.36128 lbs. of a disposable power for putting this column of water in motion, for overcoming inertia and friction of all the parts,—and for working the air pump, the feeding, and the condensing water pumps, &c. : which statement coincides with the result of experience, “ that hav-

* Various approximations are given by mathematicians for finding the circumference and areas of circles; and since this is an important point to be known before making calculations of the power of steam engines, I shall here subjoin a few examples, which are generally used among engineers. The simplest and most ancient approximation is that given by Archimedes, namely, as 7 is to 22, so is the diameter to the circumference. Other approximations nearer to the truth; but in larger numbers are as follows:

As 106 : 333	}	So is diameter to circumference.
113 : 365		
1702 : 5347		
1 : 3.1416		

To find the area of a circle, the diameter or circumference being given,

Rule 1. Multiply the square of the diameter by the decimal .7854.

Rule 2. Multiply half the circumference by half the diameter. Or take $\frac{1}{4}$ th of the product of the whole circumference and diameter.

Rule 3. Multiply the square of the circumference by .07958.

Rule 4. As 14 is to 11, so is the square of the diameter to the area.

Rule 5. As 88 is to 7, so is the square of the circumference to the area.

pourvu quelle agisse sans friction, &c.; mais comme on emploie la machine à éléver l'eau d'une profondeur de 540 pieds, elle requiert que cette force soit infiniment au-dessus du poids de l'eau dans les pompes.

Le diamètre des corps des pompes étant 16 pouces,
 $16^2 = 256$, le carré de leur diamètre,* ce qui
 $\times .7854$ donne

201.0624 pouces de superficie, ou d'aire du piston de la pompe, et $\frac{201.0624 \times 540 \times 12}{1728} = 753.984$ pieds cubes

d'eau dans les pompes:—mais selon Robison et Wyberd, un pied cube d'eau pèse 62.5 livres: de là

$753.984 \times 62.5 = 47124$ livres, le poids de l'eau dans les pompes. Mais la puissance de la machine étant 93559.36128 livres, par conséquent 93559.36128 — 47124.0 livres = 46435.36128 livres d'une force disponible pour mettre en mouvement cette colonne d'eau, pour vaincre l'inertie et le frottement de toutes les pièces—et pour faire agir la pompe à air, les pompes à eau pour alimenter les chaudières et la grande bache, &c., faits qui s'accordent avec le résultat de l'expérience “qu'après avoir trouvé le

* Les mathématiciens offrent divers approximations afin de trouver la circonférence et l'aire des cercles; et puisqu'il est important de connaître ce point avant de faire les calculs du pouvoir des machines à vapeur, je vais donner, ci-dessous, quelques exemples dont les ingénieurs font ordinairement usage. L'approximation la plus simple et la plus ancienne est celle que donne Archimète, savoir: comme 7 est à 22, tel est le diamètre comparé à la circonférence. Les suivantes approximations, mais avec plus de chiffres, sont plus exacte:

Comme 106 : 333

113 : 855

1702 : 5347

1 : 3.1416

Telle est la proportion du diamètre à la circonférence;

Pour trouver l'aire d'un cercle selon le diamètre ou la circonférence,

Règle 1. Multipliez le carré d'un cercle par la décimale .7854.

Règle 2. Multipliez la moitié de la circonference par la moitié du diamètre.

Ou 1/4ème du produit de toute la circonference ou de tout le diamètre.

Règle 3. Multipliez le carré de la circonference par .07958.

Règle 4. Comme 14 est à 11, tel est le carré du diamètre à l'égard de l'aire.

Règle 5. Comme 88 est à 7, tel est le carré de la circonference à l'égard de l'aire.

ing found the maximum effect of such an engine, about one half only should be accounted its available power; the other half being found necessary to give motion to the machine."

We may here remark, that this engine has a considerable load to raise more than that of the water in the pumps; for we have said, that it is by the weight of the great pump-rods that the machine is able to perform its up-stroke; this, when added to the force expended in working the air-pump, and feed-pump, &c. does not exhibit a great balance of power, even although it be taken at the maximum effect of the machine. Having shown that the engine is capable of giving motion to the water in the pumps, we shall next ascertain its effect in a given time.

The length of stroke being 8 feet, we have
 $8 \times 12 = 96$ inches, which

$\times 201.0624$ sup. inches, or area of pump, gives

19302.0 inches of water discharged at a stroke; and since an ale gallon contains 282 cubic inches,

$\frac{19302.0}{282} = 68.4468$ gals. per stroke; but the machine

performs 13 strokes per minute; therefore

$68.4468 \times 13 = 889.8084$ gals. per minute; which

$\times 60$ gives

53388.5040 gallons per hour; and since

a hogshead contains 54 gallons, $\frac{53488.5040}{54} = 988.676$

hds. per hour, or 23728.224 hogsheads per day. But it is customary to express the mechanical energy of a steam engine in horse powers; which, however, is but a vague expression of power; for the strength of horses is at least as variable as their colour; and our best mechanical philoso-

plus grand effet d'une telle machine, on ne doit compter que sur une moitié dont on puisse faire usage ; parce que l'autre moitié devient absolument nécessaire pour donner le mouvement à la machine."

Il est bon de remarquer ici, que cette machine a un grand poids à lever, outre celui de l'eau dans les pompes ; car nous avons déjà dit que c'était par le poids des tringles des grandes pompes, que la machine pouvait faire sa course ascendante ; cette circonstance, jointe à celle de la force employée à faire agir la pompe à air, et la pompe nourricière, &c. prouve qu'il n'existe pas un grand excès de puissance, supposant même que le calcul soit fondé sur le maximum de l'effet de la machine. Après avoir démontré que la machine peut donner le mouvement à l'eau dans les pompes, il devient nécessaire de faire connaître ses effets dans un tems donné.

La course du piston étant de 8 pieds, on a

$8 \times 12 = 96$ pouces, ce qui

$\times 201.0624$ pouces de sup. ou aire de la pompe, donne

19302.0 pouces d'eau à chaque décharge ; et puisqu'un gallon contient 282 pouces cubes,

$\frac{19302.0}{282} = 68.4468$ gallons par impulsion. Mais la ma-

chine donne 13 impulsions à chaque minute ; par conséquent

$68.4468 \times 13 = 889.8084$ gallons par minute ; ce qui

$\times 60$ donne

53388.5040 gallons par heure, et puisqu'un muid contient 54 gallons, $\frac{53388.5040}{54} = 988.676$

muids par heure, ou 23728.224 muids par jour. Mais c'est la coutume de mesurer la puissance mécanique d'une machine à vapeur, par la force d'un cheval ; ce qui, à dire la vérité, ne représente le pouvoir que d'une manière très-vague ; car la force des chevaux varie autant que leur couleur ; et nos meilleurs Ingénieurs ne s'accordent pas sur les résultats qu'ils ont tirés des essais qu'ils ont

phers do not agree in the results obtained from their investigations of the medium strength of these animals. Messrs. Boulton and Watt suppose a horse capable of raising 32,000 lbs. avoirdupois one foot high in a minute; while Dr. Desaguliers makes it 27,000, and Mr. Smeaton only 22,916. Then, since the weight of water in the pumps is 47124 lbs., and this

$\times 104$ feet, the height to which the mass is lifted in a minute,

$\frac{47124}{4900896} =$ lbs. raised one foot high; which

$\frac{32,000}{32,000^*} = 153.153$ horse power. But the sum 47124

lbs. is the greatest possible weight which in theory could be raised by the three pump pistons; while in practice the whole water lifted cannot be discharged,—a very considerable portion making its escape by the sides of the working boxes and valve-ways; from which, it is presumed, that, after making every allowance of deduction, the water discharged will be fully equal to 130 horse power,—if the experiment were made with the animals working a pump only a few feet in height: on the other hand, if horses were employed to perform the work of the New-Craighall machine, it would require 153.153 of them. But, since a horse can work only 8 hours per day, while the engine can work continually, it would require 459.459 horses to pump the same quantity of water.

Respecting the performance of this engine, in relation to the quantity of fuel consumed, nothing can as yet be ascertained; its operations being confined to pumping water collecting in the pit, which is in progress of sinking.

Having gone over the action and power of the machine, we shall notice briefly a few particulars respecting it and steam engines in general.

* According to Mr. Watt.

faits sur la force moyenne de ces animaux. Selon Boulton et Watt, un cheval peut lever à un pied de hauteur dans une minute, 32,000 livres avoirdupoids ; tandis que selon Desaguliers il ne peut lever que 27,000, et seulement 22,916 livres selon M. Smeaton. Ainsi donc, puisque le poids de l'eau dans les pompes est de

47124 livres,

× 104 pieds, la hauteur à laquelle la masse se trouve levée
dans une minute,

4900896 = livres, levées à un pied de hauteur ; ce qui
32,000* = 153.153 la force du cheval. Mais le total

47124 livres, est le poids le plus grand que les trois pistons, selon la théorie, puissent lever ; tandis que l'entière de l'eau qui se trouve élevée ne peut être déchargée — parce qu'une grande partie s'échappe par les pistons et les soupapes ; d'où l'on peut calculer, toute déduction faite, que l'eau déchargée par les pompes équivaut au moins à la force de 130 chevaux, en supposant que l'expérience soit faite avec une pompe qui n'a que quelques pieds de hauteur : de l'autre côté, si l'on employait des chevaux pour produire l'effet de la machine de New-Craighall, il en faudrait 153.153. Mais puisqu'un cheval ne peut travailler que huit heures par jour, et que la machine agit continuellement, il faudrait donc 459.459 chevaux pour éléver la même quantité d'eau.

Il n'a pas encore été possible de pouvoir comparer le total du travail de cette machine à celui de la combustible consommée ; car elle ne sert qu'à pomper l'eau qui s'amasse dans le puits qu'on est maintenant à creuser.

Ayant détaillé le jeu et la force de la machine, nous allons jeter un coup d'œil sur certaines choses qui y ont rapport, et sur les machines à vapeur en général.

* Selon M. Watt.

FUEL CONSUMED BY STEAM ENGINES.

The relative performance and quantity of fuel consumed by steam-engines, depend much on the quality of the fuel used ; and it is generally allowed, that $\frac{3}{4}$ cwt. of Newcastle coal is equal to 1 cwt. from the mines of Mid-Lothian, or to double the weight of culm from the respective pits ; but that it requires $2\frac{1}{2}$ cwt. of wood to produce an equal effect to any of these just mentioned.

On the premises of Messrs. Claud Girdwood & Co. of Glasgow, there are two steam-engines, one of 32, and the other of 12 horse power. The daily consumpt of culm by the first is, on the average, 5 waggons of 24 cwt. each ; and for the second, $1\frac{1}{2}$ waggons are used,—making the average consumpt of these two machines equal to about 34 lbs. per hour for every horse power. And it is long since Mr. Boulton stated, “ that one bushel of Newcastle coals, containing 84 lbs. will raise 30 million pounds one foot high ; that it will grind and dress 11 bushels of wheat ; that it will slit and draw into nail-rods 5 cwt of iron ; that it will drive 1,000 cotton spindles, with all the preparation machinery, with the proper velocity ; and that these effects are equivalent to the work of 10 horses.”—Ferguson’s Lectures on Select Subjects, edited by Dr. Brewster.

And, by Messrs. Leans’ Report for January 1816, of the performance of steam-engines in Cornwall during that month, the following facts were obtained : namely, “ that the average work of 33 engines was 20,694,630 pounds of water lifted one foot high for each bushel of coals consumed ; while Mr. Wolf’s engine at Wheal Vor, during the same month lifted 47,900,333 pounds ; and his engine at Wheal Abraham 47,622,040 pounds one foot high with each bushel of coals.”

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE.

Le travail relatif, et la quantité de combustible consommée par les machines à vapeur dépend beaucoup de la qualité de la combustible dont on fait usage. En général on admet que $\frac{3}{4}$ d'un quintal du charbon de terre de Newcastle, équivaut à 1 quintal de celui de Mid-Lothian, ou le double du poids de fraisil qu'on tire des mines ci-dessus ; mais il faut deux quintaux et demi de bois pour produire un effet égal aux proportions de charbon de terre dont nous venons de parler.

Il y a dans les Usines de Messrs. Claud Girdwood & Cnie. de Glasgow, deux machines à vapeur dont le pouvoir de l'une est égal à 32 chevaux, et l'autre à 12. La quantité de fraisil que la plus grande des deux machines consume journallement est ordinairement de 5 charretées, de 24 quintaux chaque ; et l'autre d'une charretée et demie— ce qui fait que la consommation de ces deux machines est égale à-peu-près à 34 livres par heure pour chaque force d'un cheval représenté par les machines ; et il n'y a pas long-tems que Mr. Boulton a dit, " qu'un boisseau du charbon de terre de Newcastle, pesant 84 livres, peut lever 30 millions de livres à un pied de hauteur ; qu'il peut moudre et cribler 11 boisseaux de blé ; qu'il peut scier et tirer en baguettes 5 quintaux de fer ; qu'il peut mettre en mouvement 1,000 fuseaux à coton et tous leurs accessoires, et cela avec la vélocité nécessaire ; et que les effets de ce boisseau de charbon équivalent à la force de dix chevaux."—Cours de Lectures de Fergusson, revu par le Dr. Brewster.

Le rapport que MM. Lean ont publié pour Janvier 1816, sur le travail des machines à vapeur, dans le pays de Cornwal, contient les faits suivans ; savoir " que l'effet moyen de 33 machines à vapeur, cons istait de faire éléver à un pied de hauteur 20,694,630 livres d'eau, par la consommation d'un boisseau de charbon de terre ; pendant que la machine de Mr. Wolf à Wheal Vor, dans le même mois, en élevait 47,900,333 livres, et que sa machine à Wheal Abraham en élevait 47,622,040 livres à un

" By the same report for February, the average work of 34 engines was, 20,667,398 pounds lifted one foot with each bushel of coals ; but Wolf's engine at Wheal Vor lifted 45,493,303 ; and his machine at Wheal Abraham 45,896,382 pounds one foot high with each bushel of coals consumed."*—British Machinist, Art. Steam-Engines.

SIZE OF BOILERS.

Steam generators are of various capacities, according to the quantity of steam required ; but on this point engineers do not seem to be very particular. Boulton and Watt allow 25 cubic feet of space for each horse power, while other mechanists allow 5 feet of surface of water.†

* In Mr. Wolf's engines, both the high and low pressure principles are combined.

† It is the opinion of the author, that boilers, as at present constructed for condensing engines, are not sufficiently strong to admit of that elasticity of steam which would be most economical—if the steam were allowed to expand after coming from the generators. Let it be remembered, that the increments of expansive force of steam increase faster than those of its temperature ; and which, too, can be maintained at a much less expense of fuel, relative to the volumes of steam produced, when it is allowed to expand after being ejected from the boiler.

It was stated, (§ 9.) that steam at the temperature of 212° is equal in elasticity to the pressure of the atmosphere ; and that, by an additional heat of $15\frac{1}{2}$ degrees, we obtain steam capable of expanding to 5 times its original volume, and of the same expansive force as that which can be produced at the boiling point ; and, at the same time, it is well known, that much less than 5 times the quantity of fuel is consumed ; and that the proportion of fuel becomes still less as the temperature of the steam is increased ; which arises chiefly from the concentration of heat in the furnace and steam vessels :—hence the saving by the use of high-pressure-engines. But in these machines the greatest effect that could be produced by the steam is not commonly secured,—from allowing it to escape without being condensed. Would a saving of fuel not be secured by proportioning the opening of the orifice through which the steam passes to the cylinder ? By this method the steam would be attenuated to any required extent on one side of the piston, while a vacuum could be formed at its opposite side in the usual manner. I would call this regulating valve, the Steam-measurer ; and it will be perceived, that, by its use, all the advantages

pied de hauteur par le moyen d'un boisseau de charbon que chacun d'eux consumait.

Par le même rapport pour le mois de Février, l'effet moyen de 34 machines à vapeur consistait de faire éléver 20,667,398 livres d'eau à un pied de hauteur avec un boisseau de charbon à chacun ; mais que la machine de Wolf à Wheal Vor, fesait éléver 45,493,303 livres ; et que celle à Wheal Abraham, élevait à un pied de hauteur, pendant le tems qu'un boisseau de charbon se consumait, 45,896,382 livres d'eau.*—British Machinist, art. Steam-Engines.

CAPACITÉ DES CHAUDIÈRES.

Il y a des chaudières de toutes capacités selon la quantité de vapeur dont on a besoin ; et sur ce point les Ingénieurs ne sont pas très-exacts ; Boulton et Watt donnant 25 pieds cubes d'espace pour chaque force de cheval représenté, tandis que les autres mécaniciens donnent 5 pieds de surface d'eau.† Les formes de ces

* Dans les machines de Mr. Wolf on a combiné les principes de haute et basse pression.

† L'auteur croit que les chaudières qu'on construit aujourd'hui pour des machines à vapeur, ne sont pas d'une force suffisante pour admettre l'élasticité de vapeur de la manière la plus économique—si l'on permettait à la vapeur de s'étendre au moment qu'elle sort de l'alembique. Il est bon de se rappeler que l'accroissement de la force élastique de la vapeur augmente plus vite que celui de sa température ; et qui en outre peut s'entretenir avec beaucoup moins de dépense à l'égard de chauffage en raison de la quantité de vapeur produite quand on la laisse s'étendre après avoir été déchargée de la chaudière.

On a dit (§ 9.) que la vapeur à la température de 212° Fah. est égale en élasticité à la pression de l'atmosphère ; et que, en ajoutant une chaleur de quinze degrés et demi, on obtient une vapeur qui peut s'étendre cinq fois autant que son volume original, et qu'il est de la même force élastique que celle qu'on produit quand l'eau bout, et en même tems il est bien connu qu'on consomme bien moins que cinq fois la quantité de combustible ; et que la proportion de combustible diminue à mesure que la température de la vapeur s'augmente ; ce qui vient de la concentration de la chaleur dans la fournaise et dans les pièces appartenantes aux machines à vapeur : ainsi donc on peut économiser en faisant usage de machines à vapeur dont la pression est au plus haut degré. Mais dans ces machines le plus grand effet que peut produire la vapeur est souvent négligé à raison de ce qu'on la laisse échapper sans être condensée. Ne pourrait-on pas économiser le chauffage en ajustant l'ouverture de l'orifice par laquelle la vapeur arrive au cylindre ? Par cette méthode on pourrait diminuer la vapeur à un degré quelconque d'un côté du piston, tandis qu'on pourrait former un vide au côté opposé de la manière ordinaire. Cette soupape qui règle l'action devrait s'appeler Le Mesureur de la vapeur, et on verra qu'en

The forms of these vessels are almost as various as their capacities,—being dome-shaped, elongated, and sometimes ellipsoidal, &c. ; but the long-arched form is the most common ; and their dimensions are usually when the width is 1, the depth is 1.2, and length between 2.5 and 3 ; and their average capacity is fitted for about one-horse power more for every 15 of the engine for which they are intended : indeed, the size of the boiler for a single acting engine

which could be derived from measuring off highly elastic steam from the boiler, by means of a small cylinder and piston, into a large one, would be obtained ; for it is known, that by the mere fluctual development of steam, acting on two pistons of different areas, little, if any, advantage can be obtained ; and that when such machines are more productive of power than the common condensing engine, it proceeds entirely from the use of highly elastic steam.—See an illustration of this subject in the Encyclopaedia Britannica, Art. Steam-Engines.

But the opinion that much good would result from the use of highly elastic steam, and the use of attenuating valves, was first asserted by that eminent mechanist,—Mr. Wolf. He says that Mr. Watt's engines would be improved by the application of his discovery ;—namely, the increased force of highly elastic steam, compared with the fuel consumed in producing it. The method of applying high-pressure steam to these machines is, “ in making the boiler, and the steam-case in which the cylinder is inclosed, much stronger than usual, and by altering the structure and dimensions of the valves for admitting steam from the boiler into the cylinder, in such a manner that the steam may be admitted very gradually by a progressive enlargement of the aperture, so as at first to wire-draw the steam, and afterwards to admit it more freely. The reason of this precaution is, that steam of such elastic force as Mr. Wolf proposes to employ, if admitted suddenly into the cylinder would endanger the durability of the machine.”—Operative Mechanic.

However, it appears to be advisable to make the opening of the steam-measuring valve entirely independent of the motions of the machine ; and to regulate the opening of its orifice by a hand-screw, or any other suitable contrivance, by which there could never be more pressure on the piston than that which is necessary to produce its motion. Hence, by modifying the induction-valve, and by diminishing the capacity of the chamber in which it works, there would be no greater difficulty in raising this valve from its seat than that which is felt in common engines ; and perhaps, too, this difficulty could be entirely removed by the use of a piston-valve at this place, while all the others might remain as in common use.

vaisseaux varient autant que leurs capacités, dont les unes sont en dômes alongées, et quelquefois élyptoïdes, &c.; mais la forme d'une voûte allongée est la plus ordinaire, et leurs proportions la largeur étant 1, en profondeur 1.2, et en longueur 2.5; et leur capacité ordinaire est d'une 15me. de plus que ce qui donne le calcul; en effet la capacité de la chaudière faite pour une machine à simple effet devrait être beau-

en fesant usage on peut obtenir tous les avantages qu'on peut avoir en mesurant une vapeur très-élastique de la chaudière par le moyen d'un petit cylindre et piston, dans un grand cylindre; car il est connu qu'on ne peut obtenir que très-peu d'avantage par le petit développement simple de la vapeur qui agit sur deux pistons de différentes grandeurs; et que quand de telles machines possèdent plus de puissance que les machines à vapeur ordinaires, cela vient positivement de l'usage d'une vapeur dont l'élasticité est au plus haut degré. Voyez un corollaire sur ce sujet dans l'Encyclopædia Britannica, Art. Steam Engines.

Mais M. Wolf est l'ingénieur éminent qui a dit le premier qu'on tirerait beaucoup d'avantage en fesant usage d'une vapeur fortement élastique et des soupapes atténuantes. Il dit que les machines à vapeur de M. Watt deviendraient meilleures, en ajoutant sa découverte; c'est-à-dire une augmentation de force produite par une vapeur excessivement élastique, comparée à la combustible qu'on consume pour la produire. On se sert de la vapeur fortement comprimée pour ces machines, de la manière suivante: "Il faut construire d'une manière plus forte que d'ordinaire la chaudière et l'enveloppe dans laquelle se trouve le cylindre, et en changeant la structure et les dimensions des soupapes qui font passer la vapeur de la chaudière dans le cylindre, de telle manière qu'on puisse admettre graduellement la vapeur en agrandissant par degrés l'ouverture, et que la vapeur n'y entre que très-peu au commencement, et abondamment après. Cette précaution est fondée sur ce que la vapeur d'une telle force étant admise tout d'un coup dans le cylindre, comme M. Wolf se propose de faire, elle hasarderait la durée de la machine." Operative Mechanic.

Cependant il paraît qu'il est prudent de rendre l'ouverture de la soupape qui mesure la vapeur, entièrement indépendante des mouvements de la machine, et de régler l'ouverture de son orifice par une clef ou autre chose qui puisse convenir, par le moyen de laquelle il ne peut jamais y avoir plus de pression sur le piston que ce qu'il faut pour le mettre en mouvement. Ainsi donc en modifiant la soupape secondaire, et en diminuant la capacité de l'espace dans lequel elle agit, la difficulté de faire lever cette soupape de sa place ne sera pas plus grande que celle qui existe dans les machines à vapeur ordinaires; et peut-être en outre qu'il est possible de faire disparaître entièrement cette difficulté en fesant usage à cette place d'une soupape à piston, tandis que toutes les autres peuvent rester comme à l'ordinaire.

should be much larger than for a double-acting machine of the same power; for an engine working a pump requires an induction of steam during its down stroke only: the consequence of which is, that during the interval between the strokes, when there is but a small space above the water in the boiler, the accumulation and expansive force of the steam drive up the safety-valve, which permits a waste. But these are not all the disadvantages arising from the use of a small boiler; for when the machine is performing its effective stroke, the steam in the boiler becomes so much attenuated, that the motion of the piston is greatly reduced, and the momentum of its load, which would be produced by a proper velocity, is destroyed at an improper time: moreover, when the space in the boiler is small, the ingenious contrivance for permitting the expansive force of steam to terminate the stroke is rendered useless; and the motions of the machine are, comparatively, beyond the control of the superintendent.

From this view of the subject, it will be perceived, that equal pressure on the piston cannot be obtained; but it is also evident, that by increasing the volume of steam within the boiler, the elasticity of the mass would reduce the inequality of pressure upon the piston.

By way of example of the amount of decreased force upon the piston, let us assume a cylinder whose capacity is 15 cubic feet, and the area of its piston equal 228 inches; while the volume of steam in the boiler is 40 cubic feet, and its pressure at the commencement of the stroke 18* lbs. per inch, while the time of the effective stroke is equal to its interval. Then, since during the down-stroke, there are generated $7\frac{1}{2}$ feet of steam, $7.5+40=47.5$ the volume of steam from which the cylinder must be filled; and the capacity of the cylinder being 15 feet, $15+40=55$ feet,

* This is the common pressure of steam used in condensing-engines, of course, it is about $3\frac{1}{2}$ lbs. more than the pressure of the atmosphere.

coup plus large que celle faite pour une machine à double effet de la même puissance ; car une machine à pomper ne requiert de la vapeur que pendant la descente du piston ; il en résulte que pendant l'intervalle des impulsions, quand il n'y a qu'un petit espace au-dessus de l'eau dans la chaudière, l'accumulation et la force élastique de la vapeur fait lever la soupape de sûreté, ce qui produit une perte. Mais ceux-ci ne sont pas les seuls désavantages provenants de l'usage d'une petite chaudière ; car pendant la course effective la vapeur dans la chaudière devient épuisée à un tel point que le mouvement du piston se trouve beaucoup ralenti, et le momentum qu'une vitesse raisonnable produirait, est réduite mal-à-propos ; en outre, quand l'espace dans la chaudière est petit, le moyen ingénieux de faire en sorte que la force expansive de la vapeur termine l'impulsion, devient inutile, et les mouvements de la machine sont en quelque sorte hors du contrôle du surintendant.

Par ce que je viens de dire, on peut voir qu'on ne peut pas obtenir une pression égale sur le piston ; mais il est évident aussi qu'en augmentant la quantité de la vapeur dans la chaudière, l'élasticité de la masse diminuerait l'inégalité de la pression sur le piston.

Afin de démontrer la diminution de la force sur le piston, supposons un cylindre dont la capacité est de 15 pieds cubes, et dont l'aire du piston est égale à 228 pouces, tandis que le volume de la vapeur dans la chaudière est de 40 pieds cubes, et sa pression au commencement de l'impulsion 18 livres * par pouce, tandis que le temps de l'impulsion effective est égal à l'intervalle entre les courses. Alors, puisque pendant l'impulsion descendante, il s'est créé $7\frac{1}{2}$ pieds cubiques de vapeur $7.5 \times 40 = 47.5$ le volume de vapeur duquel le cylindre doit être rempli ; et la capacité du cylindre étant 15 pieds, 15×40

* La pression ordinaire de la vapeur dont on fait usage dans les machines, condensantes ; elle est à-peu-près $3\frac{1}{2}$ livres plus que la pression de l'atmosphère.

which is equal to the expanded volume of steam in the boiler and cylinder at the end of the stroke. Now, the pressure on the piston at commencement of its stroke will be $228 \times 18 = 4104$ lbs.; but since the expansive force of steam is inversely as the space it occupies, the pressure at the termination of the stroke must be

$$55 : 40 + 7.5 :: 228 \times 18 : 3544.363 \text{ lbs.}; \text{ whence}$$

$4104 - 3544.363$ lbs. = 559.637 lbs. less of pressure on the piston, than at the commencement of its stroke.

SEDIMENT IN BOILERS.

It is generally known and felt as a grievance, that, where the steam engine is employed in drawing water from the mines, an earthy sediment is deposited in the boiler; especially during, and for some time after a continuance of wet weather. The consequence of this is, that a proper supply of steam cannot be produced, although the fire in the furnace is increased; therefore the proper working speed of the engine is reduced, while the quantity of water collecting in the pit, during the season just mentioned, will not admit of the machine being stopped till the sediment in the boiler be removed.

This inconvenience is avoided by the use of spare boilers, while the others are in the course of being cleaned or repaired; and where these are not in preparation, a simple and ingenious remedy is employed—a detail of which was communicated by Robert Bald, Esq. F. R. S. E., and inserted in the Edinburgh Philosophical Journal.

The substance here employed is known by the name of *comings*, being the radicles of barley, produced in the process of malting, which are separated before the malt is sent to market. About a bushel of these is thrown into the boiler; and when the steam is again raised, an immediate effect is visible; for there is not

=55 pieds, qui est égal à la quantité élastique de la vapeur dans la chaudière et le cylindre à la fin de l'impulsion. Dans ce cas-là la pression sur le piston au commencement de son impulsion sera $228 \times 18 = 4104$ livres ; mais puisque la force élastique de la vapeur est le contraire de l'espace qu'il occupe, la pression à la fin de l'impulsion doit être $55 : 40 + 7.5 :: 228 \times 18 : 3544.36.3$ livres ; d'où $4104 - 3544.363$ livres = 559.637 livres moins de pression sur le piston, qu'au commencement de son impulsion.

SÉDIMENT OU VASE DANS LES CHAUDIERES.

C'est un désavantage bien connu que quand on emploie une machine à vapeur pour pomper l'eau des mines, il se trouve dans la chaudière un sédiment vaseux surtout pendant les pluies. Il s'ensuit donc qu'on ne peut pas produire une quantité suffisante de vapeur quoique le feu soit augmenté dans la fournaise, et en conséquence la rapidité nécessaire au mouvement de la machine est diminuée, pendant que la quantité d'eau qui s'amasse dans la mine pendant la saison dont nous avons fait mention, ne permet pas que la machine soit arrêtée jusqu'à ce qu'on ait ôté la vase de la chaudière. On remédie à cet inconvénient en se servant de chaudières de réserve, pendant qu'on est à nettoyer ou à réparer les autres ; et où il n'y en a point, on emploie un moyen simple et ingénieux—dont le détail a été communiqué par Robert Bald, Esq. F.R.S.E. et inseré dans The Edinburgh Philosophical Journal.

La substance qu'on emploie ici s'appelle *comings*, ce sont les radicules de l'orge produites en fesant de la drèche, qui s'en trouvent séparées avant que la drèche soit envoyée au marché. On met dans la chaudière à-peu-près un boisseau de ces radicules ; et quand la vapeur se retrouve élevée, l'effet est immédiatement visible ; car non seule-

only a plentiful supply of steam to produce the full working speed of the engine, but an excess of it is going waste at the safety valve. This singular effect will continue for several days. Such is the fact ; but the principles by which the vegetable matter acts are not very obvious, as it is doubtful whether it acts chemically or mechanically : if its action is mechanical, chaff or saw-dust may produce the same effect.

The sediment in boilers produced after wet weather, is chiefly composed of clay, and does comparatively little injury to the boiler ; but, in general, the common mine water which percolates very slowly through the strata, produces a sediment of sulphate of lime, which adheres so closely to the bottom of the boiler, that it cannot be removed but by punching it off with a sharp instrument ; and this sediment, when removed, has frequently a thin scale of the iron plate of the boiler adhering to it. In this way the boiler is not only injured, but, if the sediment accumulates at any part of the bottom, the plates are liable to become red hot at the place, which greatly injures them.

To lessen these injurious effects, it is the practice to throw into the boiler a quantity of peat earth in its natural plastic state, which is found to have a considerable effect in preventing the sediment from adhering so closely to the boiler plates.

STEAM PASSAGES.

Various opinions are entertained respecting the proper size, as it is termed, of steam passages ; but it is apparent that these pipes cannot be made too large, if it be wished to obtain, as nearly as possible, the same force upon the piston as is exerted by the steam within the boiler ; for if the induction pipe be much narrower than the working cylinder, a corresponding celerity of motion, and consequent

ment il y a une quantité suffisante de vapeur pour produire la rapidité nécessaire au mouvement de la machine, mais il s'en trouve un excès qui se perd à la soupape de sûreté. Cet effet singulier continue pendant plusieurs jours. Tel est le fait ; mais les principes qui font agir la matière végétale ne sont pas très-claires, car on ne sait pas s'il agisse selon les règles de la chimie ou de la mécanique : supposons que son action soit mécanique, la paille ou la sciure de bois doivent produire le même effet.

Le sédiment que le tems humide produit dans les chaudières est principalement composé d'argile, et ne fait pas beaucoup de mal à la chaudière ; mais en général l'eau ordinaire des mines qui coule lentement à travers des couches, produit un sédiment de sulfate de chaux, qui adhère si fortement au fond de la chaudière qu'on ne peut pas l'ôter qu'en le détachant avec un espèce de ciseau ; et après avoir ôté ce sédiment, on s'aperçoit qu'il contient fréquemment une écaille mince de fer de la chaudière. De cette manière non seulement la chaudière est gâtée, mais si le sédiment s'était accumulé dans une place quelconque au fond, la chaudière devient alors rouge à cet endroit, ce qui lui fait beaucoup de mal.

Pour diminuer ces effets injurieux, c'est la coutume de jeter dans la chaudière une quantité de mottes ou de la tourbe, qui a le pouvoir effectif d'empêcher que le sédiment n'adhère si fortement aux plaques de la chaudière.

TUYAUX POUR LA VAPEUR.

On ne s'accorde pas sur l'exakte grandeur des tuyaux de conduit pour la vapeur ; mais il est clair qu'on ne peut pas les faire trop larges, en supposant qu'on désire obtenir, aussi exactement que possible, la même force sur le piston que celle créée par la vapeur dans la chaudière ; car si le tuyau principal se trouve plus étroit que le cylindre, il arrive que le mouvement de la vapeur doit être accéléré

decrease of force in the entering steam must take place when the piston is set to work.

For example, let us have an engine whose piston is 80 inches in diameter, and that of the induction pipe only 10; then, since the areas of circles are to each other as the squares of their diameters, we have $80^2 = 6400$, and $10^2 = 100$; therefore, $\frac{6400}{100} = 64$, which is the number of times the area of the cylinder exceeds that of the pipe. And since the capacities of equal lengths of pipes are to each other as the squares of their diameters, we insert 64 as being the difference of capacity between equal lengths of the cylinder and pipe; and, if the capacity of the cylinder exceed that of the pipe 64 times, the velocity of steam in the latter must exceed the velocity of the piston in the former in the same proportion.

Let the length of the stroke be 8 feet, then $8 \times 64 = 512$ lineal feet of steam in the pipe, which must pass from the boiler to the cylinder at every stroke of the piston. Let the piston make 13 strokes per minute, then $512 \times 13 = 6656$ feet, which is the velocity of the steam in the pipe per minute. Now, we know from Mr. Rowes's Tables of the velocity and force of air, that, when it travels at the rate of 6656 feet per minute, its force against a body opposing it, is about 30 lbs. per square foot.

Then, assuming that the friction of steam in the pipe would counteract any momentum, and consequent celerity of motion it might acquire by its density and the application of an uniform force from the boiler; and, in short, that the steam in the pipe is similarly circumstanced to air in the open field: this being premised, and connected with the fact, that it would require the same force to produce a given velocity in air or steam, as that velocity is known to indicate by pressure against a body opposing its course; and that, should a body begin to

et sa force diminuée quand on met le piston en mouvement.

Par exemple, supposons qu'on ait une machine à vapeur dont le piston soit de 80 pouces de diamètre, et que le principal tuyau n'en soit que de 10 ; alors, puisque les aires des cercles sont l'un à l'autre comme les carrés de leurs diamètres, on a $8^2=6400$, et $10^2=100$; par conséquent, $\frac{6400}{100}=64$, qui est le nombre de fois que l'aire du cylindre excède celui du tuyau. Et puisque les capacités des longueurs égales des tuyaux sont les unes aux autres comme les carrés de leurs diamètres, nous regardons 64 comme la proportion de la différence de capacité entre des longueurs égales du cylindre et du tuyau ; et, si la capacité du cylindre est 64 fois plus large que celle du tuyau, la vélocité de la vapeur dans le dernier doit excéder dans la même proportion la vélocité du piston dans le premier.

Supposons que la course soit de 8 pieds, puis $8 \times 64 = 512$ pieds linéaires de vapeur dans le tuyau, qui doivent passer de la chaudière au cylindre à chaque course du piston. En supposant que le piston fasse 13 courses par minute, alors $512 \times 13 = 6656$ pieds, qui est la vélocité de la vapeur dans le tuyau par minute. Il est connu maintenant par les tables de la vélocité et de la force de l'air de M. Rowes, qu'avec une vélocité de 6656 pieds par minute, sa force contre un corps qui lui est opposé est à-peu-près de 30 livres par pied superficiel.

En supposant que le frottement de la vapeur dans le tuyau balancerait le momentum, et l'accélération qu'elle pourrait acquérir par sa densité, et l'application d'une force uniforme de la chaudière : et, enfin, que la vapeur dans le tuyau est dans le même cas avec l'air de l'atmosphère ; ayant ces choses en vue, jointes au fait, qu'il faudrait la même force pour produire une vélocité supposée dans l'air ou dans la vapeur, que cette vélocité indique par sa pression contre un corps qui op-

travel with the current of air, the pressure of the latter would be less upon the former; and should the body assume a velocity equal to that of the air, it would receive no impulse whatever from the fluid in motion. In the same manner, the piston of a steam engine cannot receive any impulse from that part of the force of steam within the boiler, which is expended in pushing it through the induction pipe with a proper velocity; whence, if it requires 30lbs. per square foot to push the steam through the induction pipe, equal to 0.209lbs. per inch, then $0.209 \times 5026.56^*$ = 1050.551lbs. less of force upon the piston in motion, than while at rest.

But since the areas and consequent capacities of pipes are to one another as the squares of their diameters, the velocity and variation of effect of steam on the piston must increase, or diminish by the same law, by making the diameter of the induction pipe more or less.

Let the diameter of our pipe be enlarged to 16 inches, then $16^2 = 256$, which is the square of its diameter; but the square of our 10 inch pipe was 100, and by its use we found, that upon the piston there was a deficit of 1050.551lbs. force of steam on the piston; then $256 : 1050.551 :: 100 : 410.372$ lbs. the force less on the piston than that which is exerted by steam on an equal superficies in the boiler, the induction pipe being 16 inches.[†]

OBSERVATIONS ON THE STEAM CASE.

Conflicting opinions are entertained respecting the propriety of surrounding the working cylinders of steam en-

* The area of the piston.

[†] This is the diameter of the induction pipes of the engine at New-Craig-hall, which is 1-5th of that of the piston; a proportion generally adopted by the best mechanists.

pose sa course, et, que s'il arrivait qu'un corps commençât à mouvoir avec le courant de l'air, la pression de celui-ci serait moindre sur celui-là ; et si ce corps acquérait une vélocité égale à celle de l'air, le fluide en mouvement ne pourrait lui donner une impulsione quelconque. De la même manière, le piston d'une machine à vapeur ne peut recevoir l' impulsione de cette partie de la force de la vapeur de la chaudière, qui est employée en passant par le tuyau principal avec cette vélocité qui lui est nécessaire ; de-là s'il faut 30 livres par pied carré pour pousser la vapeur par le tuyau principal égales à 0·209 livres par pouce, par conséquent, $0\cdot209 \times 5026\cdot56 = *5100\cdot551$ livres moins de force sur le piston quand il est en mouvement que quand il est en repos.

Mais puisque les aires et conséquemment les capacités des tuyaux sont les unes aux autres comme les carrés de leurs diamètres, la vélocité et la variation de l'effet de la vapeur sur le piston doit augmenter ou diminuer par la même raison, en faisant le diamètre du tuyau principal plus ou moins grand.

Si le diamètre du tuyau soit augmenté à 16 pouces de largeur, alors $16^2 = 256$, qui est le carré de son diamètre ; mais le carré de ce tuyau de 10 pouces était 100, et en en faisant usage, on a trouvé qu'il y avait un déficit de 1050·551 livres de force de la vapeur sur le piston ; alors $256 : 1050\cdot551 :: 100 : 410\cdot372$ livres, la différence de la force sur le piston et sur une superficie égale de la chaudière, en supposant que le principal tuyau ait 16 pouces de diamètre.†

OBSERVATIONS SUR LA VAPEUR QUI ENTOURE LES CYLINDRES.

Il y a une différence d'opinion sur la nécessité d'entou-

* L'aire du piston.

† Ce diamètre est celui des tuyaux principaux de la machine à vapeur à New-Craighall, qui est 1-5ième de celui du piston, proportion que les meilleurs mécaniciens ont adoptée.

gines with a film of steam. Some persons think that the practice tends only to a waste of steam ; while others are confident that, if the cylinder of a large engine were not kept warm by such a film, the machine would not perform its work. Seeing that these opinions are opposed to each other, it may be proper to make a few observations on the subject.

That steam is a body composed of the matter of heat and water will be readily admitted ; and also, that the former is the active agent in supporting the latter in its expanded form. It is understood, too, that this caloric has a greater affinity for the surrounding air, than it has for the particles of steam in which it is present. Now, it follows that, by exposing a quantity of steam to the action of the air, the latter, in point of power, would abstract the caloric from the former in the reciprocal ratio of the difference of heat in the two bodies ; hence, if the abstracting agent were allowed to act on a body of steam, say a sphere, its caloric would be abstracted in a definite time ; but should this same body of steam be spread out into a thin film, the time of abstraction of its heat would be as the difference of the surfaces exposed in these two cases.—See Musschenbroek's Nat. Phil. Art. Fire.

If this argument shall hold good, it is evident that, as the external surface of the case is to that of the working cylinder, so must be the loss of steam by continually supplying the film from the boiler. But by examining things a little farther, we shall discover that this is not precisely the circumstance under which the steam in the film is situated.

It has been stated, (§ 2,) that steam contains a portion of *air* ; which, being continually injected into the receptacle of the film, must, after a short time, occupy the

rer de vapeur les cylindres actifs des machines. Les uns disent que selon cette coutume on emploie la vapeur à pure perte; tandis que d'autres assurent que, si le cylindre d'une grande machine à vapeur perdait sa chaleur faute d'être entouré par la vapeur, la machine cesserait d'agir. Comme ces opinions se trouvent opposées les unes aux autres, nous croyons devoir faire quelques observations sur ce sujet.

Le fait que la vapeur est un corps composé d'eau et de chaleur est reconnu de tout le monde; on sait aussi que le premier est l'agent actif qui supporte le dernier dans sa forme élastique. On s'accorde à croire aussi que ce calorique a une plus grande affinité avec l'air d'alentour, qu'avec les particules de la vapeur dans lesquelles il existe. Il s'ensuit donc qu'en exposant une quantité de vapeur à l'action de l'air, celui-ci, à raison de son pouvoir, abstrairait le calorique de celui-là, en proportion réciproque de la différence de la température des deux corps; de là, si l'agent, qui ait le pouvoir d'abstraire, agirait sur une masse de vapeur en forme d'une sphère, son calorique serait abstrait dans un certain temps; mais si cette masse de vapeur s'étendait dans une couche très-mince, le temps de l'abstraction de sa chaleur serait en proportion de la différence des surfaces qui existent dans ces deux cas.—Voyez Musschenbroek, Nat. Phil. Art. Fire.

Si nous y avons raison, il est évident que comme la surface extérieure de la caisse est à celle du cylindre, dans la même raison doit être la perte de la vapeur en fournit continuellement une portion de la chaudière. Mais en examinant les choses de plus près, on découvrira que ce n'est pas le vrai cas dans lequel cette portion de vapeur se trouve placée.

On a déjà dit (§ 2.) que la vapeur contient une portion d'air; qui étant constamment injectée dans la place où

whole of this cavity ; for the aqueous particles of steam are alone condensable and capable of being drawn off through the syphon-discharging pipe ; while the air disengaged, by condensation, from the steam, must remain within the cavity. The effect of which is, that little or no steam can be injected into the film of air ; for its expansive force is equal to that of the steam ; from which the former is able to oppose the entrance of the latter, except when there is an inequality of pressure from the boiler.

The following facts, which were obtained by experiment on the steam-case of an engine, in the neighbourhood of Edinburgh, go far to demonstrate the truth of the above assertion :—A small hole was perforated in the metal of the steam-case, and into which a stop-cock was inserted. After the machine had been at work during three days, a bladder was filled from the stop-cock ; and then by immersing it in cold water, it lost one-fourth of its bulk ; after which, the water in the bladder was weighed : next, the engine was set to work after it had been quiescent during twenty-four hours ; and having been in action during one hour, the bladder was again filled and weighed as before ; but it now contained only half of the quantity of water obtained in the last experiment.

Another experiment was performed by the use of a thermometer. The instrument was placed about an inch from the external orifice of the before mentioned stop-cock ; and, by noting the difference of temperature, both when the air and the steam were issuing from it, the following results were obtained. The first experiment was performed after the machine had been at work during a week ; and by holding the thermometer in the current du-

se trouve la vapeur autour du cylindre, doit, après peu de tems occuper toute la cavite ; car les particules acqueuses de la vapeur sont les seules qui peuvent être condensées et soutirées par le tuyau en forme de syphon ; tandis que l'air dégagé de la vapeur par la condensation doit rester dans la cavité. L'effet en est qu'on ne peut pas injecter de la vapeur parmi l'air ; car sa force élastique est égale à celle de la vapeur, d'où la première oppose l'entrée de la dernière, excepté quand il y a une inégalité de pression de la chaudière.

Les faits suivans prouvés par une expérience sur la caisse du cylindre de la machine à vapeur dans le voisinage d'Edimbourg, servent à démontrer la vérité de l'affirmation ci-dessus :—on fit un petit trou dans le métal de la caisse, et on y introduisit un robinet. Après que la machine eut été mise en mouvement pendant trois jours, on remplit une vessie par le robinet ; et en la plongeant dans l'eau froide elle perdit un quart de son volume ; après quoi on pesa l'eau contenue dans la vessie ; ensuite on mit en mouvement la machine qui avait été en repos depuis 24 heures ; et ayant agi pendant une heure, la vessie fut encore remplie et pesée comme on l'avait déjà fait ; mais la vessie ne contenait alors que la moitié de la quantité d'eau qu'on avait obtenue dans la dernière expérience.

On fit une autre expérience par le moyen d'un thermomètre. On plaça l'instrument à-peu-près à un pouce de l'orifice extérieur du robinet dont nous avons déjà parlé ; et en marquant la différence de la température quand l'air et la vapeur en sortaient ensemble, on obtint les résultats suivans. La première expérience eut lieu après que la machine avait été en mouvement pendant une semaine ; et en tenant le thermomètre dans le courant d'air pendant 10 minutes s'éleva de 190° à 194° Faht. ; mais dans l'ex-

ring ten minutes, it rose from 190° to 194° ; but in the next experiment, after all the air had been blown out, the thermometer ascended from 196° to 202° ; thus showing that the temperature within the case was 12 degrees less when filled with air, than when filled with steam.

Another experiment was performed by collecting the condensed water discharged from the steam-case, after the air which it contained had been blown out by the before mentioned stop-cock. This having been performed, the water discharged in 65 minutes was 4865 cubic inches; but after the machine had been at work during 120 hours, during which time no air had been ejected, the water discharged in 65 minutes was only 3666 cubic inches; whence $4865 - 3666 = 1199$ cubic inches less of water than when the air was previously discharged from the receptacle of the steam-case. This being the deficiency of the elementary water of steam, shewed that in 65 minutes there was a decrease of condensation of steam equal to 1199 cubic feet, (§ 7;) and that the receptacle of the steam-case was, in consequence of the presence of air, deprived of the heat of this mass of steam.

Since air, therefore, occupies the cavity intended to be kept warm by steam, it seems to be advisable to exclude the steam altogether, and to inclose common air within; which method, according to the opinion of that eminent philosopher, Count Rumford, would be the best, and least expensive that could be adopted; for he says, that "air, in a quiescent state, is a perfect non-conductor of heat."—*Essays*, vol. ii. p. 410, *et seq.* But Berthollet has advanced some considerations the very opposite to those of Count Rumford.

However, "without deciding the question, whether air be an absolute non-conductor, it is rendered probable,

périence qui suivit, après qu'on eut chassé tout l'air, le thermomètre monta de 196° à 202°; ce qui donna la preuve que la température dans la caisse était moindre de 12 degrés quand elle était remplie d'air que quand elle l'était de vapeur.

On fit une autre expérience en recueillant l'eau qui coulait du réservoir de la caisse, après qu'on eut chassé l'air qu'elle contenait par le robinet ci-dessus mentionné. Après avoir fait ceci, le volume d'eau qui fut dégorgé en 65 minutes, se monta à 4865 pouces cubes; mais après que la machine eut été en mouvement pendant 120 heures, durant lesquelles il ne s'échappa nulle portion d'air de la caisse, l'eau qui se dégorgea en 65 minutes ne fut que 3666 pouces cubes; par conséquent $4865 - 3666 = 1199$ de pouces cubes d'eau de moins que quand l'air avait été chassé de la caisse. Cette quantité étant ce qui manquait à l'eau élémentaire de vapeur, montre qu'en 65 minutes il y avait une diminution de condensation de 1199 pouces cubes (§ 7;) et que le réservoir de la caisse avait été privé de la chaleur de cet amas de vapeur, en conséquence de la présence de l'air.

Puisque l'air donc occupe la cavité que la vapeur doit tenir chaude, il paraît être à propos d'exclure entièrement la vapeur, et de remplir l'espace avec de l'air; ce qui, selon l'opinion de ce philosophe éminent Le Comte Rumford, serait le meilleur plan, et le moins dispendieux qu'on puisse adopter; car il dit que, "l'air dans un état de repos n'est pas du tout un conducteur de la chaleur."—Essais, tom. ii. p. 410, *et seq.* Mais M. Berthollet a avancé quelques opinions tout-à-fait contraires à ceux du Comte Rumford.

Cependant, "sans décider la question si l'air est absolument un non-conducteur, il est probable tant par des circonstances qu'on remarque journellement, que par les expériences directes de Rumford et d'autres, que

both from circumstances that fall under daily observation, as well as from the direct experiments of Rumford and others, that air is not a good conductor of heat ; and that one of the most effectual methods of retaining the temperature of a body, is to surround it with a stratum of air, so confined, that no internal motion can take place among its particles.”*

But since it was found, by one of our experiments, that the air issuing from the film had a much lower temperature than the steam in the boiler, it would appear that it was incapable of wholly preventing the escape of caloric from the working cylinder ; but if steam alone were to occupy the receptacle of the case, it would entirely prevent condensation within it. Therefore, if it were wished to prevent entirely, condensation within the working cylinder, the air, and semi-condensed steam and water, should be allowed to blow through an open pipe at the bottom of the case ; a method, however, which could not be practised without a great expenditure of steam ; and perhaps the economical plan would be, to supply the receptacle of the case with heat from the furnace.

FRICTION OF THE PISTON.

It has been already stated, that a considerable force of steam is necessary to overcome the friction of the piston ; which, however, from the inequality of the density of the packing, does not admit of its quantity being discovered by any mode of calculation. But assuming that the packing was made just sufficiently dense to prevent the escape of steam, then would its elasticity, or pressure against the cylinder, be equal per inch to that of the steam employed ; for if the packing shall have a less elasticity, it would be pressed back from the cylinder, and so permit

* See that interesting article—Heat, in the Edinburgh Encyclopædia.

l'air n'est pas un bon conducteur de la chaleur ; et qu'une des méthodes les plus effectives de conserver la température d'un corps, est de l'entourer d'une portion d'air restreinte de maniere que nul mouvement interne ne puisse avoir lieu parmi ses particules." *

Mais puisqu'on a trouvé par une de nos expériences que l'air que sortit de la caisse avait une température au-dessous de celle de la vapeur dans la chaudière, il paraît qu'il ne pouvait pas empêcher entièrement que le calorique ne s'échappasse du cylindre ; mais si la vapeur seule pouvait occuper l'espace dans la caisse, cela empêcherait qu'il y eût une condensation dans le cylindre. Par conséquent si l'on voulait faire en sorte qu'il n'y eût point de condensation dans le cylindre actif, on devrait faire sortir par un tuyau ouvert au fond de la caisse, l'air et la vapeur condensée ; méthode qu'on ne pourrait pas, cependant, employer sans faire usage d'une grande quantité de vapeur ; et le plan le plus économique serait peut-être d'échauffer la caisse par la fournaise.

FROTTEMENT DU PISTON.

On a déjà dit que le frottement du piston cause une perte considérable de l'effet, ce qui cependant à cause de l'inégalité de la densité de la bourre, ne permet pas qu'on en puisse découvrir la quantité par un calcul quelconque. Mais en supposant que la bourre ait été suffisamment serrée pour empêcher que la vapeur ne s'échappe, alors l'élasticité, ou la pression contre le cylindre, serait égale par pouce à celle de la vapeur, car si la bourre était moins élastique, elle se retirerait du cylindre, et permettrait à la vapeur de s'échapper. De l'autre

* Voyez cet article intéressant.—Heat dans "The Edinburgh Encyclopædia."

the passage of steam. On the other hand, if the elasticity of the packing were equal to that of the steam per inch, then would it be an impervious body to the passage of steam, even although the acting face of the piston were only one inch thick. If then, an inch thick of packing be sufficient to prevent the escape of steam, it would, at first sight, appear to be an error to make it any thicker ; which, however, according to the common construction of the parts, is not precisely the case ; for, by increasing the thickness of the packing, the mass becomes more elastic ; by which, when a part is worn off by attrition on the cylinder, the remaining portion is more capable of dilatation, thereby yielding for a longer time a sufficient pressure to prevent the passage of steam, and obviating the necessity of too frequent applications of new packing.

From this mode of reasoning, it would appear that it is from the elastic property of the packing alone that any advantage can be obtained by increasing its acting surface. But, by increasing the mass in this direction, we also increase the friction of the piston. Thus, if the piston be one inch thick, while its circumference is 12 inches, then would the quantum of its pressure against the cylinder be $12 \times 18^* = 216$ lbs. ; but by making the thickness of the packing 2 inches, its pressure would be $216 \times 2 = 432$ lbs, and if 3 inches, its pressure becomes 648 lbs. Here let us observe, that each stratum, or inch thick of packing, must necessarily be of sufficient density to resist the passage of steam ; for if this be not requisite, let the upper stratum have an elasticity of only 10 lbs. while that of the steam is 18 lbs. per inch ; then, since steam can press equally in all directions, this stratum would be pushed aside, being acted on by a force greater than its elasticity is capable of resisting ; and, in like manner, if

* The assumed force of the steam.

côte si l'élasticité de la bourre était égale à celle de la vapeur par pouce, elle s'opposerait au passage de la vapeur, même si son bord n'avait qu'un pouce d'épaisseur. Si de la bourre d'un pouce d'épaisseur suffisait donc pour empêcher la vapeur de passer, on croirait, au prenier coup d'œil, commettre une erreur en la faisant plus épaisse ; ce qui n'est pas le cas cependant selon la construction ordinaire ; car en augmentant l'épaisseur de la bourre, la masse devient plus élastique ; par quoi, quand une partie se trouve usée par le frottement sur le cylindre, la masse qui reste est plus capable de dilatation, et par là conserve plus long-tems une pression suffisante pour empêcher la perte de la vapeur, et la nécessité de renouveler trop souvent la bourre.

D'après le raisonnement ci-dessus, il paraît que c'est à l'élasticité seule de la bourre qu'on doit les avantages qu'on obtient en augmentant son épaisseur. Mais en augmentant ainsi la masse, on augmente aussi le frottement du piston. Ainsi, en supposant que le piston ait un pouce d'épaisseur, et 12 pouces de circonférence, alors la quantité de la pression contre le cylindre serait $12 \times 14^{\circ}*$ = 168 livres ; mais en donnant à la bourre 2 pouces d'épaisseur, sa pression serait $168 \times 2 = 336$ livres, et si elle avait 3 pouces d'épaisseur, sa pression serait 504 livres. Observons ici que chaque couche, d'un pouce de bourre, doit être suffisamment serrée pour résister le passage de la vapeur ; car si cela n'est pas nécessaire, supposons que la couche supérieure ait une élasticité de 10 livres seulement, tandis que celle de la vapeur est 18 livres par pouce ; alors, puisque la vapeur peut presser également en tous sens, cette couche serait déplacée, parce qu'elle est pressée par une force à laquelle son élasticité ne peut résister ; et

* La force supposée de la vapeur.

the next stratum has not an elasticity equal to that of the steam, it would be pushed aside also, and thus allow the steam to escape.

If, then, an inch thick of packing would wear off too fast, in consequence of the want of elasticity, while, by making it thicker we increase friction, it seems to be proper that elasticity should be given to the mass by *increasing its breadth towards the centre of the piston*; by which, when the parts in contact with the cylinder are destroyed, the elasticity of the remaining mass would cause it to press forward, and thereby supply the place of the former.

Let us make an estimate of the friction of a piston, whose diameter is 80 inches, while its acting face is 7 inches thick, remembering that the workmen strike up the packing throughout, as nearly as possible, to an equal hardness, say elasticity, which we shall term 6 lbs. per inch above that which is capable of preventing steam of 18 lbs. from rushing past the piston into a vacuum. Then, by approximation, $106 : 333 :: 80 : 251.32$ inches, the circumference of the piston, \times 7 inches, its thickness, = 1759.24 square inches, in contact with the cylinder, \times 24, the elastic force of the packing per inch = 42221.76 lbs., which is the sum of pressure of the piston against the cylinder.

Now, since Coulomb and other eminent philosophers have found, by experiment, that the quantity of friction produced by bodies is, in general, about one-third of their pressure, then $\frac{42221.76}{3} = 14073.92$ lbs.; a force, however, which is much reduced by the use of tallow; and, perhaps, we shall not err by inserting 6000 lbs. as being the force expended in giving motion to this piston.

The great force necessary to overcome friction of the

de même, si la seconde couche n'a pas une élasticité égale à celle de la vapeur, elle serait comprimée aussi, et permettrait ainsi à la vapeur de s'échapper.

Ainsi donc, si une couche d'un pouce d'épaisseur s'use trop vite, faute d'élasticité, tandis qu'en la faisant plus épaisse on augmente le frottement, il paraît être avantageux qu'on donne de l'élasticité à la masse *en augmentant sa largeur vers le centre du piston*, et par là, quand les parties qui sont en contact avec le cylindre sont enlevées, l'élasticité de la masse qui reste, la ferait s'étendre, et par là occuper leur place.

Faisons le calcul du frottement d'un piston dont le diamètre est de 80 pouces, et l'épaisseur est de 7 pouces de la bourre, se rappellant que les ouvriers donnent à la bourre une force expansive d'à-peu-près 6 livres par pouce plus qu'il ne faut pour empêcher le passage de la vapeur, à 18 livres de pression, c'est-à-dire une compression de 24 livres par pouce contre la surface du cylindre. Ensuite selon les probabilités, 106 : 333 :: 80 : 251.32 pouces, la circonférence du piston \times 7 pouces, son épaisseur = 1759.24 pouces en contact avec le cylindre \times 24, la force élastique de la bourre par pouce = 42221.76 livres qui est le total de la pression du piston contre le cylindre.

Maintenant, comme Coulomb et d'autres philosophes éminens ont trouvé par expérience que la quantité de frottement produite par les corps est en général à-peu-près un tiers de leur pression, alors $\frac{42221.76}{3} = 14073.92$ livres ; une résistance qui cependant se trouve beaucoup diminuée par l'usage de suif ; et probablement nous n'errons point en regardant 6000 livres comme la force nécessaire pour donner le mouvement à ce piston.

La grande force nécessaire pour vaincre le frottement

piston in steam-engines has been an inducement to try various expedients for its reduction, among which may be mentioned that of the metallic piston.

This contrivance consists of three or four concentric rings placed over each other. These rings are each formed of four pieces of 90 degrees of their circumference, and their joinings are placed over the centre of the piece immediately below them ; and this series of quadrants is pressed forward to the cylinder by springs, which butt against the centre of the piston ; hence, when any part of the rings is worn off by attrition, the springs press them forward to the internal surface of the cylinder, and thus make the piston steam-tight.

That which has been stated respecting the friction, induced by increasing the acting face of a piston packed with hemp, it will be perceived, must be equally true of the metallic rings ; for if the metallic piston shall consist of three rings placed over each other, some one or other of them must press against the cylinder with a force sufficient to resist the pressure of steam ; if not, the rings would be pushed back, and thereby permit an escape of steam.

If, then, one ring be sufficient to make the piston steam-tight, it is useless, nay, worse than useless, to make the acting face of a metallic piston 5 or 6 inches thick. Let us not be deceived by a simple assertion, that if only two rings were used, each ring being an inch thick, "they would wear off too fast." Have we not reason to conclude, that the rings, however many, and whatever may be their thickness, must each press against the cylinder with a force per inch equal to that exerted by the steam ? otherwise the rings would be pushed aside by it. This, according to the nature of things, should be the case. Hence, by doubling the thickness of a piston, its friction

du piston des machines à vapeur a induit à essayer plusieurs expédiens pour sa réduction, parmi lesquelles on peut faire mention de celui du piston métallique.

Cette invention consiste de trois ou quatre anneaux concentriques placés l'un sur l'autre. Ces anneaux sont tous formés des quarts des cercles dont les joints des uns sont placés sur le milieu des autres ; et cet assemblage des anneaux est pressé vers le cylindre par des ressorts qui s'appuient contre le centre du piston ; de-là quand une partie des anneaux se trouve usée par le frottement, les ressorts les pressent vers la surface intérieure du cylindre, et ainsi la vapeur ne peut s'échapper par le piston.

Ce que nous avons dit à l'égard du frottement, qui s'augmentait avec l'épaisseur de la bourre, s'applique également (comme on le verra) aux anneaux métalliques ; car si le piston métallique consiste de trois anneaux placés l'un sur l'autre, il s'ensuit que l'un d'eux ou plusieurs doivent presser contre le cylindre avec une force suffisante pour résister à la pression de la vapeur ; si cela n'était pas, les anneaux seraient repoussés, et la vapeur en conséquence pourrait s'échapper.

Si donc il ne fallait qu'un anneau pour empêcher le passage de la vapeur, il est pire qu'inutile d'augmenter l'épaisseur d'un piston métallique à cinq ou six pouces. Ne nous laissons pas tromper par l'assertion que si l'on ne faisait usage que de deux anneaux, chaque anneau ayant un pouce d'épaisseur, "ils s'useraient trop vite." N'avons-nous pas raison de conclure que les anneaux, quelque nombreux qu'ils soient, et quelqu'épaisseur qu'ils aient, doivent presser chacun contre le cylindre avec une force par pouce égale à celle que la vapeur possède ? Autrement les anneaux seraient repoussés. Selon la nature des choses ce devrait être ainsi. De-là en doublant l'épaisseur d'un piston, son frottement s'augmente

becomes increased to an equal extent ; " for friction is produced in the arithmetical ratio of the sums of pression," which is evidently the case ; for all the parts of a piston must press against the cylinder with a force at least equal to that of the steam ; and if these parts be double in number, and exert the same pressure, then must they also produce double the friction ; and, for the same reason, the thick piston cannot wear any longer than the thinner, providing the latter be not caused to press too much against the cylinder.

A detail of effects produced by different methods of rendering a piston steam-tight, will be, I think, a sufficient apology for the length of this article, and at the same time point out the propriety of attention to the subject.

Mr. Marshall, the proprietor of a single-acting steam engine at Gilmerton, in the neighbourhood of Edinburgh, says, " that from the rough state to which the cylinder was reduced by the escape of steam past the piston, he was compelled to increase the density of the packing to an extent that prevented the piston from performing its up stroke with a sufficient velocity ; and that this being the state of things, he attached 16 cwt. to the pump-end of the lever-beam ; which weight he found to be only sufficient to cause the piston to rise with its wonted velocity. Still, however, the cylinder was getting worse, and the hemp packing could not be made sufficiently dense to prevent the escape of steam.

Being perplexed, and afraid lest the working of the mine should be stopped till the old cylinder could be superseded by a new one, he determined to try the effect of a copper covering on the edge of the piston.

The first form of ring he used was on its cross section, like a wedge, as is shown at Fig. 3, Plate 3 :—A is the metal of the cylinder, B the metallic ring, and C a

également ; " car le frottement se produit selon la proportion arithmétique de la quantité de la pression ;" ce qui est évident ; car toutes les parties d'un piston doivent presser contre le cylindre avec une force au moins égale à celle de la vapeur, et si ces parties étaient doublées, et pressaient avec la même force, elles doivent produire le double de la somme de son frottement ; et pour la même raison, un piston épais ne peut pas durer plus long-tems qu'un autre qui est mince, pourvu que le dernier ne presse pas trop contre le cylindre.

J'aime à croire que le détail des effets qu'ont produites les différentes manières d'armer un piston, afin qu'il ne puisse laisser échapper la vapeur, paraîtra une excuse suffisante pour la longueur de cette article, et en même tems montra la nécessité de faire attention à ce sujet.

M. Marshall propriétaire d'une machine à vapeur à simple effet à Gilmerton, près d'Edimbourg, dit " que par le mauvais état dans lequel le cylindre était réduit par la vapeur qui s'échappait du piston, il fut forcé d'augmenter la densité de la bourre à un tel degré qu'elle retarda la montée du piston ; et que dans ce cas-là il attacha un contrepoids de 16 quintaux à l'extrémité extérieure du balancier ; et il trouva que ce poids suffisait à peine pour faire lever le piston avec sa vitesse ordinaire. Cependant le cylindre s'empirait de jour en jour, et il ne peut pas rendre la bourre assez serrée pour empêcher que la vapeur ne s'échappaît.

" Etant embarrassé, et craignant que l'exploitation de la mine ne serait arrêtée par la nécessité de remplacer le vieux cylindre par un nouveau, il se résolut à essayer l'effet d'une bande de cuivre sur le bord du piston.

" La première forme d'anneau dont il fit usage était triangulaire dans sa section transversale comme on voit dans la Fig. 3, Planche 3 :—A est le métal du cylindre, B l'anneau métallique, et C une masse de bourre ordinaire

mass of common packing thrust down between the ring and body of the piston, the elasticity of which pressed forward the ring to the interior surface of the cylinder."*

Mr. Marshall now discovered, that the 16 cwt. at the outer end of the beam was unnecessary, and it was therefore taken off. Still, however, the piston rose too rapidly, and the 16 cwt. was attached to the piston end of the beam ; and this weight was found not too much,—the piston rising with a sufficient velocity : Now, it will be perceived that, by this contrivance, the power of the engine was increased 7168 lbs. ; for in order to prevent the piston from rising with too much velocity, the weight was taken from the pump-end of the beam, and placed on that to which the piston was attached ; which indicated clearly that the friction during its ascent was reduced to the extent of 32 cwt. ; hence also must the friction, during the effective stroke, be reduced to an equal extent. And since 16 cwt. was taken from the outer end of the beam, and placed on the piston end, the power of the effective stroke was thereby increased 32 cwt. ; which would have been the case even although the friction had not been reduced ; therefore, from the present situation of the weight, and from the reduced friction of the piston, the effective power of the machine must be increased 64 cwt.—a fact worthy of being attended to by every proprietor of steam-engines.

The ring used in this experiment consisted of two pieces, overlapping each other at their joinings, and it was $1\frac{3}{4}$ inches deep, and 40 inches diameter,—of course equal to that of the cylinder. But unfortunately this ring lasted only forty-two days ;† which was an inducement to try another form of parts which might be more durable.

* I believe this method was first introduced by Mr. Snodgrass of Glasgow.

† It is surprising that it should have lasted so long, seeing that previous to its introduction, the cylinder had become rough like a file throughout its

(serrée entre l'anneau et le centre du piston) dont l'élasticité presse l'anneau vers la superficie intérieure du cylindre.”*

M. Marshall découvrit bientôt que le contrepoids de 16 quintaux qui était au bout du balancier était inutile, et en conséquence il l'ôta. Cependant le piston montait encore trop rapidement, et les 16 quintaux furent attachés au bout du balancier où était le piston ; et ce poids ne parut pas être trop lourd, car le piston montait avec une vélocité suffisante.

On verra maintenant que par cette application le pouvoir de la machine était augmenté de 7168 livres, car afin d'empêcher que le piston ne s'élève avec trop de vélocité, on ôta le poids qui était au bout du balancier où se trouve la pompe, et on le plaça à l'autre bout ; ce qui indiqua clairement que le frottement pendant son ascension fut réduit de 32 quintaux ; de-là, pendant les descentes du piston, le frottement doit être réduit également. Et comme on ôta 16 quintaux du bout du balancier, et qu'on les plaça au bout où est le piston, l'effet de la course fut par-là augmenté de 32 quintaux ; ce qui aurait été le cas si même le frottement n'aurait pas été diminué ; par conséquent, tant par la nouvelle situation du poids, que par la diminution du frottement du piston, l'effet de la machine doit être augmenté jusqu'à 64 quintaux,—fait qui mérite l'attention de tous les propriétaires des machines à vapeur.

L'anneau dont on fit usage dans cette expérience consistait de deux demi-cercles dont les bouts étaient assemblés en biseau, et il avait un pouce trois quarts de profondeur, et quarante pouces de diamètre,—comme le cylindre. Mais malheureusement cet anneau ne dura que 42 jours ;† ce qui fut une raison pour essayer une autre arrangement qui put durer plus long-tems.

* Je crois que M. Snodgrass de Glasgow fut le premier qui introduisit cette méthode.

† Il est surprenant qu'il est duré si long-tems, d'autant plus qu'avant son introduction le cylindre était devenu inégal comme une lime dans toute sa

In this second construction, a wrought iron ring A, seen at Fig. 4, was put upon the lower flange; next, four rings of copper B, were laid close to the cylinder and pressed forward to it by the elasticity of common packing, which also rises above the series of rings about $1\frac{1}{2}$ inch, and is held down to its place by the flange's-ring in the usual manner.

The rings here employed are 5-8ths of an inch square; and each also consists of two pieces overlapped, as in the first construction, and having their joints placed over the middle of each other. This construction lasted double the time of the other.

By either of these methods, Mr. Marshall has, in addition to the increased power of the machine, effected a saving of half the tallow required for the piston, while it was packed in the usual manner.

MECHANISM FOR PRODUCING PARALLELISM IN THE PATHS OF THE PISTON AND AIR-PUMP RODS.

The piece of mechanism which causes the piston and air-pump rods to move in nearly straight lines, is frequently termed the parallel motion,—an error which, in order to be corrected, requires only to be pointed out.

The method by which parallelism is produced is extremely ingenious; and is, I believe, the invention of Mr. Watt. Scarcely any of the parts of a steam-engine require so much accuracy in construction as the rods for producing this motion; and, according as they shall be constructed on geometrical principles, or otherwise, a good or a bad effect will be produced by them.

The proportion most commonly used for the lengths of whole length; but, by the use of a metallic piston, if it prevents the escape of steam, the cylinder will become more smooth—its friction reduced, and the metallic ring, or rings, will last much longer.

Dans cette seconde construction, on a mis sur le bord inférieur un anneau de fer forgé A, comme on le voie à Fig. 4 ; ensuite on a mis quatre anneaux de cuivre, B, touchans le cylindre, contre lequel ils étaient pressés par l'élasticité de la bourre, qui dépasse les anneaux à-peu-près d'un pouce et demi, et qui est serrée de la manière ordinaire.

Les anneaux qu'on emploie ici ont 5-8 d'un pouce carré, et consistent de demi-cercles (les bouts en biseau) comme dans la première construction, les joints des uns se trouvent placés sur les pleins des autres. Cette construction dura le double de l'autre.

Par l'une ou l'autre de ces méthodes, sans compter l'addition du pouvoir que la machine a acquise, M. Marshall a trouvé le moyen d'économiser la moitié du suif dont on fait usage pour le piston toutes les fois qu'il estbourré de la manière ordinaire.

MÉCHANISME QUI SERT À RENDRE VERTICAL LE MOUVEMENT DES TIGES DU PISTON ET DE LA POMPE A AIR.

Le mécanisme qui fait mouvoir les tiges du piston et de la pompe à air en lignes sensiblement verticales, s'appelle fréquemment le parallélogramme, erreur qui afin de la corriger, ne demande que d'être indiquée.

La méthode par laquelle se produit la verticalité est extrêmement ingénieuse, et je crois qu'on en doit l'invention à M. Watt. Il n'y a presque pas de pièce dans la machine à vapeur qui demande autant d'exactitude dans sa construction ; et selon qu'elles soient construites, sur des principes géométriques ou autrement, elles produiront un bon ou mauvais effet.

La proportion dont on se sert ordinairement pour la

longueur ; mons en faisant usage d'un piston métallique supposant qu'il empêche que la vapeur ne s'échappe, le cylindre n'en deviendra que plus uni—le frottement se trouvera diminué, et les anneaux métalliques dureront plus long-tems.

the parallel and radius rods is, for each, one-fourth part of the length of the lever-beam ; and the links to which they are attached are one-half of the length of the stroke of the piston ; a proportion which is found to answer the purpose, but which cannot, in every case, be applied.

Having the length of the lever-beam and links, together with that of the stroke, the length of the radius-rod can be ascertained by the following method: Let A (Plate 3d, Fig. 5.) be the point from which the piston is suspended and B the centre of the beam, while CA = half of the length of the stroke CF, and CA = DE, and CD = AE ; then

$$AB : CF :: BE : DG; \frac{DG^*}{2} = HD, \text{ and } \frac{CF}{2} = CI, CI - DH$$

= CK, [since DH = IK] from which point D, let fall the perpendicular DK, producing the right angled triangle CDK ; then $\sqrt{CD^2 - CK^2} = DK$, and CD - DK or DP - DK = KP make HL = KP the versed sine of the arc DG, and $\frac{DH^2 + HL^2}{HL}$ [†] = the diameter of a circle, half of

which should be equal to the length of the radius-rod DM ; and in order to find the point to which the air-pump-rod should be attached, we have BA : BE :: ED or AC : EN, whence is determined the point N, to which the pump rod must be attached ; or this point can be found mechanically, thus, draw a straight line from C to B, where CB cuts DE is the point N.

The following method of discovering the proportion between the length of the beam and rods, is transcribed from the second edition of "Elements of Natural Philosophy," by John Leslie, Esq. professor of Natural Philosophy in the University of Edinburgh ; a work

* AB : BE :: CB : NB and

CB : NB :: CF : NN',

but NN' = DG, therefore,

AB : BE :: CF : NN' = DG as above.

† $\frac{DL^2}{HL} = 2ML$. Euclid. vi. 8 Cor.

longueur des verges parallèles et des rayons, est le quart de la longueur du balancier ; et les montans auxquels elles sont attachées sont de la moitié de la longueur de la course du piston ; proportion qui remplit le but proposé, mais dont on ne peut pas se servir dans tous les cas.

Ayant la longueur du balancier et des montans, avec celle de la course, on peut trouver la longueur des rayons par la méthode suivante. Supposons que A (Planche 3, Fig. 5) soit le point d'où le piston est suspendu, et B le centre du balancier, tandis que CA = la moitié de la longueur de la course CF, et CA = DE, et CD = AE ; alors $AB : CF :: BE : DG$; $\frac{DG^*}{2} = HD$, et $\frac{CF}{2} = CI$, $CI - DH = CK$, (puisque $DH = IK$) de quel point D, tirez le perpendiculaire DK, qui produit le triangle rectiligne CDK ; alors $\sqrt{CD^2 - CK^2} = DK$ et $CD - DK$ ou $DP - DK = KP$ font $HL = KP$ le sinus verse de l'arc DG, et $\frac{DH^2 + HL^2 +}{HL} =$ au diamètre d'un cercle, dont la moitié devrait être égale à la longueur du rayon DM ; et afin de trouver la place auquelle on devrait attacher la tige de la pompe à air, nous avons $BA : BE :: ED$ ou $AC : EN$, d'où l'on détermine le point N, auquel on doit attacher la tige de la pompe ; ou bien on peut trouver mécanicalement ce point de la manière suivante, tirez une ligne droite de C à B, là où CB intersecte DE est la point N.

Nous avons copié la méthode suivante de trouver la proportion entre la longueur du balancier et des verges, de la seconde édition des "Elements of Natural Philosophy, by John Leslie, Esq. Professor of Natural Philosophy in the University of Edinburgh," ouvrage que tous ceux qui

- $AB : BE :: CB : NB$ et
 $CB : NB :: CE : NN'$
mais $NN' = DG$, ainsi
 $AB : BE :: CF : NN' = DG$ comme ci-dessus.

+ $\frac{DL^2}{HL} = 2ML$. Euclid vi. 8 Cor.

which will be read with much interest by all who wish to get acquainted with scientific subjects. The Professor has very kindly given me permission to insert the article; and the reader will find the corresponding engraving at Fig. 6, Plate, 3.

"The common atmospheric engine, having a counterpoise at the farther end of the beam, acts merely by *pulling*. The perpendicular motion of its pump rod is therefore produced by a flexible or jointed chain (like that of a watch) bending on a sector. But in Mr. Watt's engine, the power being communicated by alternately *drawing and pushing*, it became necessary to direct the rod of the piston in a vertical and rectilineal path. This is effected, at least approximately, by a simple and ingenious contrivance called the *Parallel Motion*. Fig. 113. represents it: AC is one-half of the beam turning on its centre C, ADEF is a parallelogram jointed at its four angles, and carrying the rod from F, which is guided by the bar BE, fastened to a firm beam at B, and working on the joint E. It is easy to see that E must describe a small arc, and that the deviation from the tangent and towards B will be inversely as the radius BE. But, for the same reason, the point D deviates towards C by a quantity as

$\frac{1}{CD}$; and EF being kept parallel to CD, the point F will decline proportionally from the vertical towards C. Thus the deviation of the top of the piston-rod to the right and to the left will be denoted by $\frac{1}{BE}$ and by

$\frac{1}{CD} \cdot \frac{EF}{CD}$ or $\frac{EF}{CD^2}$; and consequently, to correct those op-

posite effects, it is requisite that $\frac{1}{BE} = \frac{EF}{CD^2}$, or $BE \cdot EF = CD^2$. Wherefore the beam CA must be so divided, that the part CD shall be a mean proportional between the remainder DA and the length of the stay BE.

s'adonnent à des sujets scientifiques liront avec beaucoup d'intérêt. Le Professeur a eu la bonté de me permettre de l'insérer ici ; et le lecteur, à la Fig. 6, Planche 3, trouvera une gravure qui s'y rapporte.

“ La machine atmosphérique ordinaire, ayant un contre-poids au bout du balancier, ne peut agir qu'en *tirant*. Le mouvement perpendiculaire de la tige de la pompe est produit donc par une chaîne flexible (comme celle d'une montre) qui se courbe sur une jante. Mais dans la machine de M. Watt, la force y étant communiquée en *tirant* et en *poussant* alternativement, il devint nécessaire de diriger la tige du piston d'une manière verticale et rectiligne. Cela s'effectue, en quelque sorte, par une invention simple et ingénieuse, qu'on appelle *Le Parallélogramme*. La Fig. 113 le représente : AC est une moitié du balancier qui tourne sur son centre C ; ADEF est un parallélogramme qui a des articulations à ses quatre angles, et qui porte la tige de F, qui est guidée par la barre BE, attachée à une forte poutre à B, et qui agit sur la jointure E. Il est aisé de voir qu'E doit tracer un petit arc, et que la déviation de la tangente vers B doit être dans un ordre inverse du rayon BE. Mais, pour la même cause, le point D dévie vers C par une quantité comme $\frac{1}{CD}$; et EF étant tenu parallèle à CD, le point F s'éloigne également du vertical vers C. Ainsi, la déviation du haut de la tige du piston à droite et à gauche se trouve désignée par $\frac{1}{BE}$, et par $\frac{1}{CD} \frac{EF}{CD}$ ou $\frac{EF}{CD^2}$; et par conséquent, pour corriger ces effets opposés, il faut que $\frac{1}{BE} = \frac{EF}{CD^2}$, ou $BE, EF = CD^2$. C'est pourquoi le balancier CA doit être divisé de telle manière que la partie CD soit une proportion moyenne entre le restant DA et la longueur du rayon BE.

This mode of rectification is sufficient for practice, though strictly applicable only to small arcs of vibration. The extended path of E is a complex curve line."

THE CONDENSER.

This vessel, for a single-acting-engine, is usually about 1-5th of the capacity of the working cylinder ; but for a double-acting machine, it should be above that proportion, on account of the continual flow of heat into it ; which is more effectually abstracted by coming in contact with an extensive cold surface, than if it were concentrated within a narrow vessel. Indeed, for the same reason, it is apparent, that wherever the condenser is used, it cannot be made too large.

The refrigerative power of this vessel could be increased by a slight appendage to it, and by a different mode of introducing the cold water into the condensing cistern. The cold water is usually poured in at the top of the cistern, and permitted to run off at an opposite side ; the consequence of which is, that, at bottom, the quiescent fluid is much warmer than at its surface ; its temperature, too, in contact with the condenser, is always much greater than at any other part of the cistern.

Therefore, let a casing of thin sheet-iron surround the condenser, leaving a clear space of about three inches ; and the top of this envelope should also rise above the water in the cistern about four inches, while at its base, a number of holes should be perforated.

Now, if the cold water were conveyed to the top of this receptacle, it is obvious that the gravity of the fluid would cause it to descend in immediate contact with the condenser, and thus abstract the greatest possible quanti-

“ Cette méthode de rectification suffit pour la pratique, quoiqu'on ne puisse l'appliquer qu'à de petits arcs de vibration. La course d'E étant continuée est une ligne complexe et courbe.”

LE CONDENSEUR.

Ce vaisseau, quand il appartient à une machine à simple effet, est ordinairement à-peu-près 1-5me de la capacité du cylindre ; mais quand il appartient à une machine à double effet, la proportion en doit être plus grande à raison de l'entrée presque sans interruption de la vapeur ; qui est plus effectuellement condensée en rencontrant une surface étendue que si elle était concentrée dans un vaisseau étroit. A dire la vérité, il est clair que partout pour la même raison où l'on fait usage d'un condenseur, on ne peut guères le faire trop grand.

On pourrait augmenter le pouvoir réfrigérant de ce vaisseau en y ajoutant quelque chose, et en introduisant l'eau froide dans la bache d'une manière différente. On verse ordinairement l'eau froide au haut de la bache, et l'écoulement se fait au côté opposé ; la conséquence est que le fluide en repos est plus chaud au fond qu'à la surface ; et la température près du condenseur est toujours plus haute que dans aucune partie de la bache.

Il est donc nécessaire d'entourer le condenseur d'une caisse de tôle mince, laissant une espace à-peu-près de trois pouces ; et le bord de cette enveloppe doit être à-peu-près quatre pouces au-dessus de l'eau dans la bache, et à sa base on doit avoir un nombre de trous.

Maintenant, en supposant que l'eau froide arrive au haut de cette caisse, il est clair que la gravité du fluide la ferait descendre entre elle et le condenseur, et par-là

ty of heat ; the spare water to be allowed to run off at the top of the cistern as before.

OBSERVATIONS ON THE AIR-PUMP.

Many things may unite to render any attempt to find the capacity of the air-pump by calculation abortive : the elementary water of the steam, and of the jet for condensing it, may be less or more, according to circumstances ; and the portion of air which these contain will also depend on the nature of the water used, and on the particular way in which the engine may be supplied with the fluid for the purpose of generating and condensing the steam. Some engines return their water of steam, while certain other machines do not ; in either of which cases, it would be difficult to say, *a priori*, how much air, &c. may enter into the condenser. The expansion of the air, too, and the quantity of jet necessary to condense the steam, together with the precise volume of semi-condensed steam to be pumped from the condenser, will all depend on the temperature which can be maintained within that refrigeratory. But, assuming that the condenser of a single-acting engine is to be kept at the usual temperature of 118° Fah., and that the condensing cistern is plentifully supplied with the fluid at the temperature of 62° , then it will require about 34.659 cubic inches of jet to condense each foot of steam ; therefore, since the capacity of the steam-cylinder of the engine at New-Craighall is 280 feet, it will be $34.659 \times 280 = 9704.520$ cubic inches ; but an imperial gallon contains

abstrairait autant de chaleur qu'il est possible ; l'écoulement du surplus peut se faire comme auparavant.

OBSERVATIONS SUR LA POMPE A AIR.

Il y a bien des choses qui peuvent concourir à faire manquer toute tentative à trouver par le calcul la capacité qu'on doit donner à la pompe à air ; le volume de l'eau élémentaire de la vapeur, et du jet pour la condenser peut être plus ou moins grand selon les circonstances, et la portion de l'air qu'ils contiennent dépend aussi de la nature de l'eau dont on fait usage, et de la manière dont on en fournit à la chaudière et à la bache. Quelques machines rendent la vapeur condensée à la chaudière, et d'autres ne le font pas ; et dans l'un ou l'autre cas, il serait difficile de dire, *a priori*, combien d'air, &c. peut entrer dans le condenseur. La dilatation de l'air, et la quantité du jet qu'il faut pour condenser la vapeur, aussi bien que le volume exact de vapeur à moitié condensée qu'on doit pomper du condenseur, tout dépend de la température qu'on peut maintenir dans ce réfrigérant. Mais en supposant qu'on tienne le condenseur d'une machine à simple effet à la température ordinaire de 118° Fah. et que la bache qui condense soit remplie abondamment du fluide à la température de 62° , alors il faut environ 34.659 pouces cubes de jet pour condenser chaque pied de vapeur ; ainsi, comme la capacité du cylindre à vapeur de la machine à New-Craighead est de 280 pieds, cela fait $34.659 \times 280 = 9704.520$ pouces cubes ; mais un gallon impérial contient 277 $\frac{274}{1000}$

$\frac{277 \frac{274}{1000}}{1000}$ cubic inches, whence $\frac{9704.520}{277.274} = 35$ gallons required at a stroke of this engine.*

And since the capacity of this steam cylinder is 280 feet, and because 1·37 cubic inches of water is required for the generation of each cubic foot of such steam as is necessary in condensing engines, (§ 10,) it is $280 \times 1.37 = 383.6$ inches; but the steam is shut off after $\frac{2-3}{3}$ ds of the stroke has been performed; therefore, $\frac{383.6 \times 2}{3}$

= 255·733 inches of water from the steam: but the quantity of the jet was 9704·520 inches; whence $9704.520 + 255.733 = 9960.253$ cubic inches of water entering the condenser at each stroke of the engine. And if this water contains 1-28th part (§ 2) of its bulk of air before performing its respective offices, it will all be disengaged in the condenser; wherefore, $\frac{9960.253}{28} = 355.723$ cubic inches of air at common density: but, within the condenser, this volume of air would be expanded by the heat of that vessel; therefore, since air expands 1-483d part of its volume, by each additional degree of heat, (§ 7,) we have $\frac{355.723}{483} \times 118^\circ - 62^\circ + 355.723 = 396.967$ cubic inches

of air expanded by the heat of the condenser. But since a degree of exhaustion is maintained within the condenser, this volume of air would be still farther expanded; "for the volumes of expanded air are proportional to the compressing forces it may sustain;" whence if 29·88 inches of mercury represent the common elasticity of air, while the external atmosphere is capable of supporting 27† inches in a tube connected with that in

* Mr. Watt allowed four wine gallons per minute for every horse-power of the engine.

† When the steam is flowing into the condenser, the mercury falls to 25 inches; but soon after the air-pump begins to act, it rises to 27; and at the termi-

pouces cubes, et de-là $\frac{9704.520}{277.274} = 35$ gallons sont requis à chaque impulsion de cette machine.*

Comme la capacité de ce cylindre à vapeur est de 280 pieds, et qu'il faut 1.37 pouces cubes d'eau pour la production de chaque pied cube de la vapeur dont on a besoin dans les machines à condensation (§ 10), c'est $280 \times 1.37 = 383.6$ pouces ; mais l'entrée de la vapeur cesse après les 2-3me de la course, de là $\frac{383.6 \times 2}{3} = 255.733$ pouces d'eau de la vapeur ; mais la quantité du jet était 9704.520 pouces ; de-la $9704.520 + 255.733 = 9960.253$ pouces cubes d'eau entrant dans le condenseur à chaque impulsion de la machine. Et si cette eau contient 1-28me partie (§ 2) de son volume d'air avant d'avoir fait son effet, elle doit se trouver entièrement dégagée dans le condenseur ; ainsi $\frac{9960.253}{28} = 355.723$ pouces cubes d'air au degré de densité commune : mais, dans le condenseur ce volume d'air serait augmenté par la chaleur de ce vaisseau ; par consequent, comme l'air se raréfie 1-483me partie de son volume, par chaque degré additionnel de chaleur, (§ 7,) nous avons $\frac{355.723}{483} \times 118^\circ - 62^\circ + 355.723 = 396.967$ pouces cubes d'air raréfiés par la chaleur du condenseur. Mais comme le condenseur se trouve en quelque sorte épuisé, ce volume d'air doit naturellement être encore plus raréfié ; " car les volumes d'air raréfiés sont en proportion de la compression qu'ils peuvent soutenir ;" ainsi, si 29.88 pouces de mercure représentent l'élasticité commune de l'air, tandis que l'atmosphère extérieure est capable de supporter 27† pouces dans un tuyau qui communique

* M. Watt comptait sur quatre gallons à vin par minute pour la force de cheval qu'on emploie aux machines.

† Quand la vapeur entre dans le condenseur, le mercure tombe à 25 pouces, mais sitôt que la pompe à air commence à agir, il s'élève à 27 ; et à la fin de

the condenser, we have $29\cdot88 - 27 = 2\cdot88$ inches, the elastic force of the air within the condenser; a force which can be considered apart from, and as not being affected by the temperature of the refrigerator; therefore, $2\cdot88 : 29\cdot88 :: 396\cdot967 : 4118\cdot533$ cubic inches of air; but the quantity of water entering the condenser at a stroke was $9960\cdot253$ inches; whence $4118\cdot533 + 9960\cdot253 = 14078\cdot786$ cubic inches of water and air to be pumped from the condenser at a stroke; a volume, however, which, from the capacity of the condenser and of the air pump, could not exhibit an elasticity of $2\cdot88$ inches of mercury: but it is the continual flow of uncondensed steam into the condenser, which occasions the necessity of employing such a large air-pump.

The quantity of semi-condensed steam which flows into the condenser will depend on the capacity of the steam cylinder and on the temperature of the steam, &c.; and, since the capacity of the steam-cylinder of our machine is $482569\cdot76$ cubic inches, and that of the air pump $66511\cdot38$ inches, we have $\frac{482569\cdot76}{66511\cdot38} = 7\cdot2$, which is the number of times the capacity of the cylinder exceeds that of the air pump; and the area of the steam-cylinder is $5026\cdot56$ square inches, while that of the air-pump is $1385\cdot4456$; whence $\frac{5026\cdot56}{1385\cdot4456} = 3\cdot7$ nearly, which is the number of times the area of the steam-cylinder exceeds that of the pump, its stroke being half of that of the piston within the former.

From what has been stated respecting the air-pump of this engine, it is obvious that, from its being close at top, the force necessary to work it, must be only as the difference of elasticity of the air, &c. below the piston

nation of the stroke, a column of mercury of 28 inches in height, is balanced between the exhaustion within the condenser and the pressure of the atmosphere.

avec le condenseur, nous avons $29\cdot88 - 27 = 2\cdot88$ pouces, la force élastique de l'air dans le condenseur ; force qu'on peut regarder comme indépendante de la température du réfrigérant, ainsi $2\cdot88 : 29\cdot88 :: 396\cdot967 : 4118\cdot533$ pouces cubes d'air ; mais la quantité d'eau qui entrait dans le condenseur pendant une impulsion était $9960\cdot253$ pouces ; de-là $4118\cdot533 + 9960\cdot253 = 14078\cdot786$ pouces cubes d'eau et d'air qu'on doit tirer du condenseur pendant une impulsion ; volume, pourtant, qui, à l'égard de la capacité du condenseur et de la pompe à air, ne pouvait pas produire une élasticité de $2\cdot88$ pouces de mercure : mais c'est le flux continu de la vapeur non condensée dans le condenseur, qui oblige à faire usage d'une si grande pompe à air.

La quantité de vapeur à moitié condensée qui entre dans le condenseur doit dépendre de la capacité du cylindre à vapeur, et de la température de la vapeur, &c. ; et, comme la capacité du cylindre de la machine dont nous traitons, est $482569\cdot76$ pouces cubes, et celle de la pompe à air $66511\cdot38$ pouces, nous avons $\frac{482569\cdot76}{66511\cdot38} = 7\cdot2$, qui est le nombre de fois que la capacité du cylindre excède celle de la pompe à air ; et l'aire du cylindre à vapeur est $5026\cdot56$ pouces carrés, tandis que celle de la pompe à air est $1385\cdot4456$; de-là $\frac{5026\cdot56}{1385\cdot4456} =$ à-peu-près à $3\cdot7$, qui est le nombre de fois que l'aire du cylindre à vapeur excède celle de la pompe ; la course du piston de la pompe étant la moitié de celle du piston du cylindre à vapeur.

D'après ce que nous avons dit à l'égard de la pompe à air de cette machine, il est clair que, à raison de ce qu'il est fermé au haut, la force nécessaire pour la faire agir doit être proportionnée à la différence de l'élasticité de

l'impulsion, une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur se trouve en équilibre entre la raréfaction qui a lieu dans le condenseur, et la pression de l'atmosphère.

186 COLD WATER PUMP FOR THE CONDENSER.

during its respective strokes; for although the air is compressed by the up-stroke of the piston till equal in elasticity to the weight of the atmosphere, (which produces an elastic check to the termination of the stroke,) yet, from the expansive force of the air in the upper part of the pump, the piston is urged down again, and thereby assists in overcoming the inertia of the engine, and its load of water in the pumps, at the commencement of the effective stroke; and continues its action till the air becomes attenuated to an extent equal to that which is below the piston, when the valves which are placed upon the upper side of the piston permit the air to pass into the vacuity above them.

COLD WATER PUMP FOR THE CONDENSER.

The capacity of this pump is regulated by the power of the engine, and by the temperature of the water used for the condensing cistern; but should the supply at 60° be plentiful, the pump is made, on the average, capable of raising $3\cdot82^*$ imperial gallons per minute for every horse power of the machine; from which it is easy to find the quantity to be delivered by the pump at a stroke. Thus, if we have an engine of 150 horse power, $150 \times 3\cdot82 = 573$ gallons; but the imperial gallon contains $277\cdot274$ cubic inches, whence $573 \times 277\cdot274 = 158878\cdot002$ cubic inches to be delivered per minute. Let the number of strokes per minute be 13, then $\frac{158878\cdot002}{13} = 12221\cdot385$ cubic inches required at a stroke. To find the area of the

* Mr. Watt allowed four wine gallons per minute for each horse power; and since the wine gallon contained 231 cubic inches, it was 924 cubic inches.

l'air dessous le piston pendant ses courses ; car quoique l'air dessus le piston soit comprimé par son ascente jusque à ce qu'il soit égale en élasticité au poids de l'atmosphère, (qui produit un arrêt élastique vers la fin de la course;) cependant, le piston se trouve aidé en sa descente par la force élastique de l'air dans la partie supérieure de la pompe, et par-là aide à surmonter l'inertie de la machine, et le poids de l'eau dans les pompes au commencement de la course effective ; cet effet dure jusqu'à ce que l'air soit raréfié à un degré égal à celui qui est dessous le piston, alors les soupapes qui sont placées sur le côté supérieur du piston, permettent à l'air de passer dans l'espace qui est au-dessus.

POMPE A EAU FROIDE POUR LE CONDENSEUR.

La capacité de cette pompe est réglée par la force de la machine et par la température de l'eau dont on se sert pour la grande bache ; mais s'il y en a abondance à 60°, on donne ordinairement à la pompe une capacité à éléver 3.82* gallons impériaux par minute pour chaque force de cheval; d'où l'on peut aisément trouver la quantité livrée par la pompe à chaque course. Ainsi en ayant une machine dont la force est égale à celle de 150 chevaux, alors $150 \times 3.82 = 573$ gallons ; mais le gallon impérial contient 277.274 pouces cubes, d'où $573 \times 277.274 = 158878.002$ pouces cubes livrés par minute. Supposons que le nombre des courses par minute soit 13, alors $\frac{158878.002}{13} = 12221.385$ pouces cubes requis à chaque course. Pour trouver

* M. Watt donne quatre gallons à vin par minute pour chaque force de cheval, et puisque le gallon à vin contient 231 pouces cubes, ce fut 924 pouces cubes.

pump, the length of its stroke being 48 inches, we have
 $\frac{12221.385}{48} = 254.612$ inches, the area of the pump; and to
 find its diameter, $\sqrt{\frac{254.612}{.7854}} = 18$ inches.*

PUMP FOR SUPPLYING THE BOILER.

It is obvious that the capacity of this pump should be regulated by the quantity and density of steam used at a stroke of the engine; and it has been stated, that the quantity of water necessary to produce one cubic foot of steam at the temperature 220° is 1.37 cubic inches; therefore, if the capacity of a steam cylinder were 280 cubic feet, while the steam is shut off after $\frac{2}{3}$ ds of the stroke has been performed, then $\frac{280 \times 2}{3} = 186.6$ cubic feet of steam used at a stroke, and $186.6 \times 1.37 = 255.642$ inches of water required at each stroke of this pump; but, as a little of the fluid may escape past the working boxes, it is customary to make its capacity one-third more.

THE MINE PUMP.

Many obstructions present themselves to the performance of the pumps employed in raising water from mines; this is particularly the case while the pit is in progress of being excavated. One of these inconveniences proceeds from the water being necessarily kept very low while the miners are working down the bottom of the pump pit, from which the pump frequently draws up air along with its water, and the engine goes too fast from its load being

* The diameter of the cold water pump of the engine at New-Craighall, is 17 inches, with a stroke of 48 inches, therefore the discharge from it must be $17^2 \times .7854 \times 48 = 10895.0688$ cubic inches.

L'aire de la pompe, la longueur de la course étant à 48 pouces, nous avons $\frac{12221 \cdot 385}{48} = 254 \cdot 612$ pouces, l'aire de la pompe; et pour trouver son diamètre, $\sqrt{\frac{254 \cdot 612}{\cdot 7854}} = 18$ pouces.*

POMPE POUR ALIMENTER LA CHAUDIERE.

Il est clair que la capacité de cette pompe doit être réglée par la quantité et la densité de la vapeur consommée à chaque course de la machine, et nous avons dit que la quantité d'eau qui est nécessaire à la production d'un pied cube de vapeur à la température de 220° est de 1.37 pouces cubes; il s'ensuit que si la capacité du cylindre à vapeur est de 280 pieds cubes, tandis que l'entrée de la vapeur est arrêtée à 2-3 de la course, alors $\frac{280+2}{3} = 186.6$ pieds cubes de la vapeur consommés à chaque course, et $186.6 \times 1.37 = 255.642$ pouces d'eau requis à chaque course de cette pompe; mais comme il est possible qu'une portion de fluide puisse s'échapper par le piston, c'est la coutume d'augmenter d'un tiers la capacité du corps de la pompe.

POMPE D'ÉPUISEMENT.

Plusieurs obstacles se présentent dans l'épuisement des mines, et surtout pendant l'exploitation du puits. Un de ces inconvénients vient de ce qu'il faut que l'eau soit plus profonde, afin que les sapeurs puissent travailler; et par conséquent la pompe tire fréquemment de l'air avec l'eau; d'où la machine va trop vite

* Le diamètre de la pompe à eau froide de la machine à New-Craighall est 17 pouces, avec une course de 48 pouces; la décharge doit être par conséquent $17^2 \times .7854 \times 48 = 10895 \cdot 0688$ pouces cubes.

thus reduced ; which celerity of motion in the machine giving an unusual velocity to the current of air and water entering the pump, causes it to carry along much more than the ordinary quantity of small stones and other rubbish. The effect of this is, that the piston and clack, (i. e. hinged valves,) will not perform their duty ; and although the rubbish should not actually stop the action of the pump, yet it wears the piston and valves very fast,—a serious evil, since it requires a very considerable time and address to put others in their places.

This inconvenience has been obviated by Mr. William Brunton, of Butterly Iron-works in Derbyshire ; who, to avoid the pump drawing air, has introduced a side pipe, connecting the parts of the working-barrel which are above and below the bucket. This pipe has a stop-valve which the miners can regulate with the greatest ease, so as to keep the engine to its full stroke without drawing air ; and they effect this merely by letting down the water from the upper part of the barrel into the lower.

Another obstruction to the progress of excavation is the inequality of the bottom of the pit ; which causes pools of water to stand, perhaps, at the very place where the workmen conceive to be the most proper to apply the instruments used in their operations.

In sinking an engine pit, the pump must descend as the well becomes deeper ; but where the strata are soft, the pump cannot be rested upon the bottom of the mine, by which it would be liable to be choked at every stroke of the engine. The method adopted at Newcastle, and in its neighbourhood, is to hang the whole column of descending pumps in ropes ; a practice not always efficient, as the stretching of the ropes allows the pumps to touch the bottom, by which they are rendered useless. Another plan has been resorted to in the same district ; which con-

parceque la résistance se trouve diminuée ; cette accélération dans la machine donnant une vélocité extraordinaire aux courans d'air et à l'eau qui entrent dans la pompe, fait qu'ils emportent beaucoup de petites pierres et de gravier ; de là vient que le piston et les soupapes ne peuvent remplir leurs fonctions ; et quoique le gravier n'arrête pas positivement l'action de la pompe, cependant il use très-vite le piston et les soupapes,—un grand inconvénient, parcequ'il faut beaucoup de tems et d'adresse pour les remplacer.

M. Guillaume Brunton des forges de Butterly, dans le comté de Derby, a remédié à cet inconvénient ; afin d'épêcher que la pompe ne tire de l'air, il a introduit un tuyau de côté, faisant communication entre les portions du corps de la pompe, qui sont au-dessus et au-dessous de la heuse. Ce tuyau a une soupape d'arrêt que les mineurs peuvent ajuster facilement, afin que la machine puisse faire sa course entière sans tirer de l'air ; et ceci s'effectue en laissant passer simplement l'eau de la partie supérieure du baril dans la partie inférieure.

Il y a encore un autre obstacle au progrès des mines dans l'inégalité du niveau du terrain au fond ; ce qui fait qu'il y a quelquefois des étangs d'eau à l'endroit même où l'ouvrier veut travailler.

En creusant un puits, la pompe doit s'allonger à mesure que le puits devient plus profond ; mais où le fond est mou, on ne doit pas appuyer la pompe là-dessus, parce qu'elle serait sujette à être engorgée à chaque course de la machine. La méthode qu'on a adoptée à Newcastle, et dans le voisinage, est de pendre par des cordes toute la colonne des pompes ; coutume qui n'est pas toujours sûre, parce que l'allongement des cordes fait que les pompes touchent au fond, ce qui les rend inutiles. On a suivi un autre plan dans le même district ; qui consiste

sists in resting the columns of descending pumps upon beams of wood placed at a considerable height above the bottom of the pit ; and the under part of the pump is made capable of lengthening out like a telescope, while the under extremity of the pump is bent like the letter L ; and this part can be turned into the pools of water, by which they are drawn up into the pump. This contrivance is found to be effective, but it is not free from inconveniences.

The miners in Mid-Lothian think, that the materials through which they pass are sufficiently hard to resist the weight of their pumps which rest upon the bottom of the pit. This has been successfully practised in the engine-pit at New-Craighall, where the pump, including water, is about 31 tons weight. The under end of this pump is pear-shaped, as in Plate III. Fig. 7, having its under end close, while a number of holes perforate the metal to the height of 8 feet ; these holes are made impervious to the passage of air by plugs of wood, which can be taken out when required. From this arrangement, should the pump sink into a soft stratum, even to 4, or 5 feet, the miners have only to pull out one, or more of the plugs that may be immersed in the water ; hence the pump can never be choked.

In addition to the plan just described, Mr. George Grieve, superintendent of works at New-Craighall, has appended a piece of mechanism for reducing the pools of water, of which we have already made mention. The contrivance consists of a leatheren pipe, which is kept distended by spiral wires ; and one end of this pipe being inserted into a plug-hole in the barrel of the pump, the apparatus is ready for action : and when the workmen wish to reduce any of the pools of water, they plunge the disengaged end of this flexible tube into the fluid ; on which it instantly vanishes, being received up into the pump.

d'appuyer les corps des pompes descendantes sur des poutres de bois placées à une hauteur considérable au-dessus du fond de la mine ; et l'on fait en sorte que la pompe puisse s'allonger comme un télescope, pendant que l'extrémité inférieure de la pompe se trouve courbée comme la lettre L ; et cette partie peut être tournée dans les étangs d'eau qui par ce moyen sont vidés par la pompe. On a trouvé que cette invention était excellente, mais qu'elle avait ses inconvénients.

Les sapeurs de Mid-Lothian croient que les matériaux à travers desquels ils passent sont suffisamment durs pour résister au poids de leurs pompes qui sont appuyées sur le fond de la mine. On a bien réussi dans les mines de New-Craighall, où la pompe et son eau pèsent à-peu-près 31 tonneaux. Le bout de cette pompe est de la forme d'une poire, comme dans la Planche III. Fig 7, ayant le dessous fermé, tandis que les côtés sont troués à la hauteur de huit pieds ; on bouche ces trous par des tampons de bois. Par cet arrangement, si la pompe s'enfoncerait dans une couche molle de quatre ou cinq pieds, les sapeurs n'auraient qu'à ôter un ou deux des tampons qui se trouvent dans l'eau ; de-là la pompe ne peut jamais être engorgée.

M. George Grieve, surintendant à New-Craighall, a inventé en outre un mécanisme pour épuiser les étangs d'eau dont nous avons fait mention. Ce moyen consiste d'un boyau de cuir envelopant un spiral de fil d'archal ; en mettant le bout de ce boyau dans un des trous qui se trouvent au baril de la pompe, l'appareil est prêt à servir ; et quand les ouvriers veulent épuiser les étangs, ils plongent l'extrémité du boyau dans l'eau, qui disparaît sur-le-champ, étant tirée par la pompe.

The following section of strata which lie above the coals at New-Craighall will be of use to some of my readers. It is the journal of a bore which was made previous to sinking the engine pit; and has been revised by Robert Bald, Esq. mining engineer, whose knowledge and practical experience eminently qualify him for doing so.

SECTION OF THE STRATA.

No.		Thickness of the strata. feet in.	Depth of bottom of each stratum from surface of the earth. feet. in.
1	Soil, surface, new alluvial	3 0	3 0
2	Strong stony clay, old alluvial	42 0	45 0
3	Slate clay	3 0	48 0
4	Slaty sand stone, reddish	21 0	69 0
5	Slate clay, soft	15 0	84 0
6	Cubical coal	3 0	87 0 x
7	Slate clay	2 0	89 0
8	Slate clay with sand stone	2 0	91 0
9	Slate clay of various colours and degrees of hardness	11 0	102 0
10	Sand stone, soft	6	102 6
11	Gray coloured sand stone	6.5	103 0.5
12	Slate clay with sand stone	1 4	104 4.5
13	Slate clay with hard sand stone	4.5	104 9
14	Slate clay, light coloured	5 5.5	110 2.5
15	Coal, soft and inferior	5.5	110 8.0 x
16	Coal, good	7.5	111 3.5 x
17	Indurated clay, fire clay	1 0	112 3.5
18	Gray coloured sand stone	1 9.5	114 1
19	Slate clay of various colours	8 9	122 10
20	Red sand stone	1 3	124 1
21	Red sand stone, soft	8	124 9
22	Sand stone of various colours	2 9	127 6
23	Red sand stone	3 1	130 7
24	Red sand stone, soft	2	132 7
25	Red sand stone	10 8	143 3
26	Slate clay	2	143 5
27	Red sand stone	9 3	152 8
28	White sand stone	4 2.5	156 10.5
29	Sand stone, soft and bluish colours	1	157 10.5
30	Sand stone, grey	2	159 10.5
31	Slate clay	8 3.5	168 2
32	Slate clay, light coloured	6.5	168 8.5
33	Red sand stone	8 4.5	177 1

L'état suivant des couches qui se trouvent au-dessus de la Houille à New-Craighall sera de quelqu' utilité à quelques-uns de mes lecteurs. C'est le journal d'une percée qu'on a fait avant de creuser la mine; et il a été revu par Robert Bald, Ingénieur des mines dont les connaissances et l'expériencé éminentes le mettent à même d'en pouvoir juger.

ETAT DES COUCHES.

No.		Epaisseur de chaque couche.	Profondeur de chaque couche de la surface de la terre.		
			pieds.	pouces.	pieds.
1	Sol, surface, nouvelle alluvion	3 0			3 0
2	Argile pierreuse forte, vieille alluvion	24 0			45 0
3	Argile d'ardoise	3 0			48 0
4	Grès d'ardoise, rougeâtre	21 0			69 0
5	Argile d'ardoise molle	15 0			84 0
6	Houille cubique	3 0			87 0
7	Argile d'ardoise	2 0			89 0
8	Argile d'ardoise avec grès	2 0			91 0
9	Argile d'ardoise de différentes couleurs et degrés de dureté	11 0			102 0
10	Grès molle	6			102 6
11	Grès de couleur grise	6.5			103 0.5
12	Argile d'ardoise, mêlée de grès	1 4			104 4.5
13	Argile d'ardoise, mêlée de grès dur	4.5			104 9
14	Argile d'ardoise d'une couleur claire	5 5.5			110 2.5
15	Houille molle et inférieure	5.5			110 8.0
16	Houille bon	7.5			111 3.5
17	Argile endurcie, argile de grès	1 0			112 3.5
18	Pierre de grès, gris réfractaire	1 9.5			114 1
19	Argile d'ardoise de différentes couleurs	8 9			122 10
20	Grès rouge	1 3			124 1
21	Grès rouge, mou	8			124 9
22	Grès de différentes couleurs	2 9			127 6
23	Grès rouge	3 1			130 7
24	Grès rouge mou	2			132 7
25	Grès rouge	10 8			143 3
26	Argile d'ardoise	2			143 5
27	Grès rouge	9 3			152 8
28	Grès blanche	4 2.5			156 0.5
29	Grès mou et bleuâtre	1			157 10.5
30	Grès gris	2			159 10.5
31	Argile d'ardoise	8 3.5			168 12
32	Argile d'ardoise, couleur claire	6.5			168 8.5
33	Grès rouge	8 4.5			177 1

No.		Thickness of each stratum.		Depth of bottom of each stratum from the surface of the earth. Feet. in.
		Feet.	in.	
34	Red sand stone, darker	2	4	179 5
35	Red sand stone, soft	13	10-5	193 3-5
36	Slate clay, soft	5	10	199 1-5
37	Red sand stone	11	7-5	210 9
38	Slate clay	5		215 9
39	Red sand stone	8		223 9
40	Slate clay with sand stone	11	8	235 5
41	Red sand stone	26	4	261 9
42	Slate clay			262 0-5
43	Red sand stone, hard	7	5-5	269 6
44	Red sand stone	11	11	281 5
45	Slate clay		2	281 7
46	Red sand stone	22	2	303 9
47	Yellow sand stone	10	10	314 7
48	Slate clay	2	4	316 11
49	Splint coal } Diamond coal	4	0	320 11 X
50	Cubical coal }	1	7	322 6 X
51	Grey sand stone			323 4
52	Hard grey sand stone	1	4-5	324 8-5

REMARKS.

The old alluvial cover resting upon the rock head is composed of blue clay, sand, gravel, and boulder stones ; and is quite impervious to water.

The red coloured sand stones are of a bluish tint and not dark red like the old red sand stone.

The engine before described, is calculated to have power to drain a coal of six feet thick which lies 32 fathoms deeper than the above coal.

Such is the quantity of water found at the diamond coal, No. 50, that the engine has discharged, at times, one million of gallons in 24 hours from the mines.

No.		Epaisseur de chaque couche.			Profondeur de chaque couche de la surface de la terre.	
			pieds.	pouces.	pieds.	pouces.
34	Grès rouge, plus foncé	2 4	179	5		
35	Grès rouge, mou	18 10·5	193	3·5		
36	Argile d'ardoise, mou	5 10	199	1·5		
37	Grès rouge	11 7·5	210	9		
38	Argile d'ardoise	5	215	9		
39	Grès rouge	8	223	9		
40	Argile d'ardoise, mêlée de grès	11 8	235	5		
41	Grès rouge	26 4	261	9		
42	Argile d'ardoise	3·5	262	0·5		
43	Grès rouge, dur	7 5·5	269	6		
44	Grès rouge	11 11	281	5		
45	Argile d'ardoise	2	281	7		
46	Grès rouge	22 8	308	9		
47	Grès jaune	10 10	314	7		
48	Argile d'ardoise	2 4	316	11		
49	Houille dure } dite Diamond coal	4 0	320	11		
50	Charbon cubique }	1 7	322	6		
51	Grès gris	10	323	4		
52	Grès gris dur	1 4·5	324	8·5		

REMARQUES.

La vieille alluvion qui couvre et reste sur le roc est composée d'argile bleue, de sable, de gravier, et boulders ou grand blocs isolés ; et est imperméable à l'eau.

Les pierres de grès rouge sont d'une nuance bleuâtre, et non pas d'un rouge foncé comme la vieille grès rouge.

On calcule que la machine que nous avons décrite ci-dessus peut mettre à sec une couche de Houille de six pieds d'épaisseur qui se trouve à 32 toises plus bas que la Houille dont nous avons parlé ci-dessus.

Telle est la quantité d'eau qu'on trouve à la couche de Houille, No. 50, que la machine en a déchargé quelquefois un million de gallons en 24 heures.

APPENDIX.

*Description of a New Statical Mercurial Dynamometer,
with an account of the Results obtained by means of this
Instrument, upon the Kirkintilloch Railway :—An in-
vention for which the Author has received the honorary
Gold Medal of the Highland Society of Scotland.*

NEXT in importance and general utility to the steam engine, may be ranked the roads and railways upon which the various minerals and manufactures, &c. of the country are conveyed to their places of destination. The facility, and consequently the small expense of carriage performed upon railways, sufficiently explain their superiority to any other mode of conveyance ; while their present extensive introduction in various districts of the united kingdom, points out the not less important fact, that the value of the invention is beginning to be generally understood and duly appreciated. Indeed, the well-marked superiority of railways has produced a general belief among men of science, that they will, to a great extent, in the course of a few years, supersede every other mode of conveyance. Under this impression, the natural obstacles to their introduction have been diligently sought after, and, in general, completely removed. Among these may be mentioned the important question relating to the best design for conveying the loaded waggons from one level to another : this question occupied the attention of many mechanics during some years past ; and it has also absorbed some of the leisure hours of the author of the present

SUPPLEMENT.

Description d'un nouveau Dynamomètre Statique au Mercure; avec une notice des résultats qu'on a obtenus par le moyen de cet Instrument, sur la route en fer de Kirkintilloch:—Une invention pour laquelle l'Auteur a reçu la médaille honoraire d'or de la Highland Society of Scotland.

LES objets de la plus grande importance et utilité après la machine à vapeur, sont les grandes routes, et les chemins en fer sur lesquels on transporte à leur destination les différens minéraux et les produits des manufactures, &c. La facilité et l'économie de transport sur les chemins en fer prouvent suffisamment leur supériorité aux autres routes, et leur fréquente introduction, dans les différens districts du Royaume, démontre en outre un fait non moins important, que l'on commence à comprendre généralement et à bien apprécier les avantages de l'invention. La supériorité marquante des chemins en fer, fait croire aux savans que dans peu d'années, ils pourront en quelque mesure remplacer toutes les autres espèces de routes. Convaincu des faits ci-dessus, on a tâché de trouver et de surmonter les obstacles naturels que se présentent à leur introduction. Parmi ces obstacles on peut faire mention de la question importante qui a rapport au meilleur plan fait pour transporter les chariots d'un niveau à un autre: cette question a occupé l'attention des mécaniciens pendant plusieurs années; et elle a absorbé quelques heures de loisir de l'Auteur du

work. In the spring of 1826, he presented designs for the above purpose to the interim secretary of an intended association for experimenting on railways; however, from the pressure of the times, the association did not proceed in its intentions. Subsequently, therefore, the designs alluded to were, with slight alterations, presented to the Highland Society of Scotland, one of which shall now be explained.

Let A and B, Fig. 1, Plate IV. be two platforms, on which the waggons are to be elevated or let down; and let A be at the upper level, and B at the lower one; and let C and D be two of a series of cast-iron cylinders, having water-tight pistons fitted into them for supporting the platforms A and B, and let the cylinders be full of water; next, let us suppose that a train of waggons has been placed upon the platform B to be raised to the upper level, and that a greater weight is about to descend upon A; then, by turning the handle E of the four-way valve F to a proper point on its index, the superior weight upon A will press the water below its piston through the valve F into D, and thereby elevate the weight upon B; the fluid above the piston in D, and the others on this side passing over into C, and others on that side by the pipe G.

Again, if it were wished to elevate the load upon B, when no counter weight was ready to descend upon it, turn the handle C to a proper point, on which the statical weight of water from the cistern H presses up the piston in D; while, simultaneously, the fluid above it passes into C, and the water below this piston makes its exit through one of the water ways of the valve F; and, *vice versa*, when a load is descending upon one of the platforms, when none is ascending on the other, by turning the valve F to a particular point, the water in one, two, or more cylinders, according to the weight of the descending load, can be forced up through the pipe L into the cistern H; in which case, the cylinders below the ascending platform fill themselves from the well K.

Thus, then, the intelligent reader will perceive that, theoretically, the machine (if situated where rather more down than up hill work prevails) would be a self-acting instrument for the purpose here assigned to it; and that its power of action

présent ouvrage. Dans le printemps de 1826, il présenta des plans relatifs à cette question au Secrétaire (ad interim) d'une association qui avait pour objet de faire des expériences sur les chemins en fer ; mais en conséquence de la stagnation des affaires, l'association abandonna ses intentions, et les plans dont nous avons parlé furent subséquemment présentés avec quelques légères changemens, à la Highland Society of Scotland. Un de ces plans va devenir l'objet de l'explication suivante.

A et B, Fig. 1, Planche IV. sont deux plateformes, sur lesquelles on élève ou abaisse les chariots ; et A est au niveau du chemin supérieur, et B à celui de l'inférieur ; et C et D sont deux d'une série de cylindres de fer fondu, ayant des pistons, arrangés de manière à pouvoir supporter les plateformes A et B, les cylindres doivent être remplis d'eau ; maintenant supposons qu'un train de chariots ait été placé sur la plateforme B afin d'être élevé au niveau supérieur, et qu'un plus grand poids soit prêt de descendre sur A ; alors, en tournant la manivelle E de la soupape quadruple F au point indiqué, le poids supérieur sur A forcera l'eau qui est dessous le piston, à passer par la soupape F dans D, et par-là fera monter les chariots qui se trouvent sur B ; le fluide qui se trouve au-dessus du piston dans D, et les autres cylindres de ce côté-ci, coulant vers C et les cylindres de ce côté-là, par le tuyau G.

Supposons encore qu'on voulut faire monter la charge sur B, quand il n'y a pas de contrepoids prêt à descendre, on tournerait alors la manivelle C au point requis, sur quoi le poids statique de l'eau du réservoir H fait monter le piston dans D ; pendant que le fluide au-dessus passe dans C, en même tems que l'eau qui est dessous le piston sort par un des conduits de la soupape F ; et, *vice versa*, quand une des plateformes descend avec une charge, tandis que l'autre n'est pas chargé, alors en tournant la soupape F dans la direction convenante, l'eau dans un, ou dans plusieurs des cylindres (selon la charge), peut passer par le tuyau L dans le réservoir H ; dans ce cas les cylindres qui sont du coté de la plateforme ascendante, se remplissent de l'eau provenant du puits K.

Le lecteur intelligent s'aperçevra que, théoriquement, dans le cas que les chariots descendans pèsent plus que ceux qui montent, l'appareil serait capable d'agir sans l'application d'une force empruntée, et que son effet serait égale au poids d'une

would be equal to the weight of a column of water, whose base is equal to the sum of the areas of the pistons engaged, and altitude as the height of the fluid in the pipe L. Moreover, were this pipe a transparent tube, and having a graduated scale attached to it, the height of the fluid in the tube would clearly point out the quantity of weight incumbent upon one or other of the platforms—minus the friction of the pistons. Such, too, are the principles involved in a dynamometer invented by the author of these pages, and which has been found much preferable to any other hitherto used upon railways.

Practical engineers complain, that those dynamometers which indicate the quantum of force applied by a horse upon a railway by the inflection of springs, usually lose their elastic tone when kept at work for a short time; the oscillations of the index pointer, too, makes it impossible to ascertain the medium of unequal draught applied by the animal in stepping out; such, also, is the case when any other common instrument is used for this purpose; defects which cannot exist in the mercurial dynamometer.

This instrument consists of a hollow metallic cylinder A, Fig. 2, in which is placed a floating-piston B, which should be about 1-10th of an inch less in diameter than the cylinder in which it must move freely up or down; and to prevent friction, four small rollers should be inserted into the side of this wooden float, both at its top and bottom; which rollers should not project farther than to admit of the piston being shake-free within its cylinder. Also, to prevent absorption of the mercury, the wood should be coated with bee's wax mixed with whitening, or with lamp black. These things being attended to, and a portion of mercury placed within the cylinder, by pushing down the piston, the fluid will ascend in a thin film between it and the cylinder, till the statical weight of the mercury acting on the base of the floating-piston balances the force exerted in pushing it down. Hence, since the statical weight of the fluid increases reciprocally as the height to which it is caused to ascend by its displacing force, so must its various points of height within the cylinder be a measure of the force in equilibrio with the statical weight of the fluid.

colonne d'eau de la hauteur du fluide en L, et dont la base serait égale à la somme des aires des pistons. Si ce tuyau fusse transparent, et avec une échelle graduée dessus, la hauteur du fluide la dedans indiquerait le poids soutenu par l'une ou l'autre des deux plateformes, moins le frottement des pistons. Tels sont donc les principes d'un dynamomètre que l'auteur de ces pages a inventé, et qu'on a trouvé infiniment préférable à tous ceux dont on a fait usage sur les chemins en fer jusqu'à ce moment-ci.

Les ingénieurs se plaignent que les dynamomètres qui indiquent la force exercée par un cheval sur un chemin en fer par la flexion des ressorts, perdent ordinairement leur élasticité quand ils ont servi pendant quelque tems; les oscillations de l'index aussi le rend très-difficile à reconnaître la force moyenne exercée par l'animal; les mêmes défauts s'attachent à tous les autres instrumens semblables, mais ne se trouvent pas dans le dynamomètre au mercure.

Cet appareil consiste d'un cylindre métalli que creux A, Fig. 2, dans lequel on place un piston cylindrique flottant B, qui doit on avoir à-peu-près 1-10me d'un pouce de moins en diamètre que le cylindre creux, dans lequel il doit jouer librement de haut et en bas; et afin d'éviter le frottement, on doit incruster dans le bois du piston (tant en haut qu'en bas) quatre petites roulettes ajustées de manière que le piston puisse jouer librement dans le cylindre creux. Afin d'empêcher que le mercure n'entre pas dans les pores du bois, il faut l'enduire de la cire jaune mélangé du blanc d'Espagne, ou du noir de fumée. Après avoir fait tout cela, et avoir mis une quantité suffisante de mercure dans le cylindre, si l'on met le piston et l'enfonce dans le mercure, le fluide monte entre le piston et le cylindre creux, jusqu'à ce que le poids statique du mercure qui agit sur la base du piston, fait équilibre avec la force qu'on exerce en l'enfonçant: or puisque le poids statique du fluide augmente réciproquement en raison de la hauteur à laquelle la force enfonçante la fait monter, ainsi les différens points de hauteur du mercure dans le cylindre indiquent la force employée.

Such being the nature of this dynamometer, it is only necessary to fix it in a vertical position to the front of the foremost of a train of waggons,* and to turn the direction of the horse's draught in such a manner as to cause it to push down the floating-piston; while a glass tube exhibits the height of the fluid, and consequently the force exerted by the animal; and in order to prevent effects from his irregular draught, causing sudden elevations and depressions of the mercury in the tube, the socket in which it is placed has a ventricle at D, the diameter of which is .033 of an inch, while that of the glass tube is .250, wherefore $\frac{.250^2}{.033^2} = 57\cdot4$; hence the elevation or depression of the

mercury in the tube must be 57.4 times less than in the cylinder:† the celerity of which fluid too, is still farther reduced by springs attached to the draught-hook; as in the plan, Fig. 4.

In addition to these contrivances, oscillations of the fluid could be still farther prevented, by making the yoke-levers E shorter than those which pull down the piston; by which the instrument would be at the same time rendered more portable; and friction of the arbor F could be much lessened, by making its extremities similar to the bearing pivots of a common balance.

This instrument might also be employed for ascertaining the weight of goods; for which purpose they could be placed either upon a platform fixed upon the top of the piston, as in the statical hydraulic crane, Fig. 1, or upon one suspended from the chains G. Fig. 3 and 4. For weighing purposes, however, it is scarcely worth recommending, unless it were for large weights, such as loaded carriages, or heavy packages of goods similar to those that are frequently stowed into trading ships. For either of these purposes, it is presumed, that the mercurial dynamometer would be much more convenient than any instrument in common use; and in point of expense, somewhat less than a

* Mr. Grainger has constructed a carriage for bearing the instrument, which is represented at Fig. 3; by which contrivance, accommodation for persons making experiments is secured, while neither the weight of the instrument, nor of the experimenter's affect the result.

† Inventions improve by degrees:—Were a stop-cock attached at this part, the celerity of the motion of the mercury in the glass tube could be reduced to any required extent,—by turning the stop-cock till sufficiently closed, and by opening the cock, any degree of sensibility of the fluid, in point of time, could be obtained.

Telle étant la construction du dynamomètre, on n'a que le fixer verticalement sur le devant du premier chariot d'un train,* et d'attacher les chevaux de telle manière que leur force en tirant horizontalement, enfonce par l'intervention d'une paire de manivelles le piston flottant; un tube de verre, communiquant avec le cylindre creux, montrera la hauteur du mercure, et conséquemment la force employée par l'animal; et afin d'empêcher que l'irrégularité du tirage du cheval ne produisent, de trop grands oscillations du mercure dans le tube, le trou à son fond qui communique à D, avec le cylindre, n'a que .033 d'un pouce de diam: tandis que celui du tube du verre est de .205, d'où $\frac{.250^2}{.033^2} = 57.4$; de-là l'élévation ou l'abaissement du mercure dans le tube doit être 57.4 fois moins vite que dans le cylindre:† les saccades sont encore amorties par des ressorts attachés entre les manivelles; comme on voit dans le plan Fig. 4.

On pourrait ajouter au nombre de ces moyens de diminuer les oscillations du fluide en raccourcissant les bras des manivelles E, et en allongeant ceux que enfoncent le piston; par ce moyen l'instrument deviendrait plus portable, et le frottement de l'axe F pourrait être diminué en construisant ses pivots comme ceux d'une balance.

On pourrait en outre employer cet instrument pour peser des marchandises: pour y réussir on les placerait ou sur une plate-forme fixée sur le haut bout du piston comme dans la grue hydraulique statique Fig. 1. ou sur une plateforme suspendue par les chaînes G, Fig. 3, et 4. Cependant on ne conseille pas de l'en faire cette usage, à moins que ce ne soit pour des fardeaux très-lourds, telle qu'une voiture chargée, ou des balles semblables à celles que l'on met à bord des vaisseaux marchands. Il est à croire que le dynamomètre au mercure serait plus commode qu'aucun instrument dont on fait usage ordinairement, et à l'é-

* M. Grainger a construit un chariot pour porter l'instrument, (qui est représenté à Fig. 8;) dans lequel les personnes qui font les expériences se trouvent en sûreté, et le résultat n'est nullement influencé par le poids de l'instrument, ni par celui de la personne qui fait l'expérience.

† On améliore les inventions par degrés:—Si l'on attachait un robinet à cette partie, on pourrait réduire la célérité du mouvement dans le tube de verre à aucun degré quelconque,—en tournant le robinet jusqu'à ce qu'il fût assez fermé, et en ouvrant le robinet, on pourrait obtenir aucun degré de la sensibilité du fluide à l'égard de temps.

steelyard, or even a common balance, with its usual number of iron weights.

Still, however, there are objections to its general introduction for such purposes: the first arises from the oxidation of a portion of the mercury; which, in course of a year, most likely would require to be replaced, and the instrument again adjusted by proportioning the quantity of the new fluid to the dynamometrical scale.

The next objection proceeds from the variation of the specific gravity of the fluid by a difference of temperature; which irregularity, however slightly it might affect the performance of the instrument, would be a source of dissatisfaction to those wishing a correct indication of the weight of their goods: but in order to reduce this objection to its proper terms, it may be proper to endeavour to discover to what extent a variation of temperature would derange the indications of the instrument when a given force and temperature are applied to it.

Let us have a floating piston whose diameter is 6 inches, which we shall say is equal to d , and range of the indicating scale of the instrument 40 inches = s ; let us also keep in view, that the statical weight, or buoyant power of any fluid, is always equal to the weight of any portion of that fluid which may be displaced by the immersed body; and that the specific gravity of mercury at 60° of heat is $13.580 = f$; while at 32° it becomes $13.619 = m$: then $d^2 \times .7854 = a$; and $a \times s = n$ cubic inches contained in the immersed portion of the piston; but the weight of a cubic foot p of mercury is equal to 13580 ounces avoirdupois = f ; whence $\frac{n \times f}{p} v = 555.5$ lbs. the force necessary to immerge the piston when the temperature of the fluid is 60° ; but should its temperature give m , it must be $\frac{n \times m}{p} v = 587.1022$ lbs.; and $587.1022 - 555.5 = 1.6022$ lbs. the difference of result to be expected by a variation of 28 degrees of temperature, providing that the cylinder which contains the fluid remained of the same capacity under these degrees of heat, which is not the case; for it is well known, that, by an increase of temperature, this metallic vessel would expand in every direction, and that it

gard de la dépense il coutera moins qu'une balance ordinaire, y compris ses poids.

Cependant il existe des inconvénients en s'en servant à cette usage ; le premier vient du l'oxidation d'une portion du mercure qui dans le cours d'une année demanderait vraisemblablement à être renouvellé et l'instrument arrangé de nouveau en ajustant la quantité de mercure avec l'échelle du dynamomètre.

Le second obstacle vient de la variation de la gravité spécifique du fluide selon la température; cette irrégularité quoiqu' elle n'influence que légèrement l'action de l'instrument, deviendrait une source de mécontentement à ceux qui desireraient savoir au juste le poids de leur marchandise : mais afin de diminuer cette objection à ses propres limites, il devient nécessaire de tâcher de découvrir à quel point la variation de la température pourrait déranger les indications de l'instrument, la force appliquée et la température étant données.

Prenons un piston flottant dont le diamètre est de six pouces, que nous regarderons comme égal à d , et l'échelle de l'instrument faite pour indiquer, 40 pouces= s ; rappelons-nous aussi que le poids statique, ou le pouvoir flottant de tous fluides est toujours égal au poids du fluide déplacé par le corps qu' on y plonge ; et que la gravité spécifique de mercure à 60 degrés de température, est 13.580 = f ; tandis qu'à 32 degrés il devient 13.619 = m ; alors $d^2 \times 7854 = a$; et $a \times s = n$ pouces cubes contenus dans la portion du piston qui est plongée ; mais le poids d'un pied cube p de mercure est égal à 13580 onces avoirdupois = f ; d'où $\frac{n \times f}{p} v = 555.5$ livres, la force nécessaire pour plonger le piston quand la température du fluide est à 60°; mais si la température allait donner m , il faudrait alors $\frac{n \times m}{p} v = 587.1022$ livres; et $587.1022 - 555.5 = 1.6022$ livres, la différence du résultat à laquelle on doit s'attendre par une variation de 28 degrés de température, pourvu que le cylindre qui contient le fluide soit de la même capacité sous ces degrés de température, ce qui n'est pas vrai; car il est reconnu qu'en augmentant la température, ce vaisseau métallique s'étendrait de toutes parts, et que

would thereby accommodate the increased volume of the fluid ; and *vice versa*, when less heat is applied it becomes of less dimensions, thereby counteracting the effects which would proceed from contraction of the small quantity of mercury within it. The lengthening and contracting of the brass scale, too, by different degrees of temperature, must also tend to prevent irregularities arising from the difference of specific gravity of the fluid. Therefore, after making proper allowances for these counteracting principles, it is presumed, that under a difference of temperature of 28 degrees, the mercurial dynamometer, in so far as it is influenced by heat, will not deviate farther from the truth than a quarter of a pound on a measure of force of 500 pounds weight; a degree of accuracy not to be expected from a steel-yard, nor from a common balance, when acting under similar circumstances.

The following are some of the principal facts obtained by means of a mercurial dynamometer, on the Monkland and Kirkintilloch railways, from experiments by Mr. Grainger, who, most happily, is actuated by a desire to determine with precision everything relating to railways, or with his general profession as a civil engineer, and to spare neither pains nor expense in the accomplishment of his wishes.

Let his own words be quoted : " The two experiments which I shall first detail, were made chiefly with a view to ascertain the merits of the dynamometer ; which, I am glad to say, is altogether superior to any other I have seen ; and that, it is the opinion of several eminent engineers who have seen it at work, it is the best instrument for engineering purposes that has ever been tried.

" (§ 1.) In our first experiment, which was performed on the 29th of July last, our object was to ascertain the merits of the dynamometer, as has been already stated, and the difference of friction on the straight and curved parts of the railways. The portion of the line chosen for this experiment was quite level ; and the curved part was of a radius of about 800 feet. Five waggons, of nearly a ton weight each, were employed on this occasion ; and their wheels were fixed to the axles like an Irish car. The axles were three inches in diameter, and the bearing

par-là il se prêterait à l'augmentation du volume de fluide, et *vice versa*, quand on y applique moins de chaleur, ses dimensions deviennent moindres, empêchant par-là les effets qui résulteraient de la contraction de la petite quantité de mercure qui s'y trouve. L'allongement et l'accourcissement de l'échelle de laiton à différens degrés de température doit aussi faire disparaître les irrégularités qui proviennent de la différence de la gravité spécifique du fluide. Par conséquent, après avoir fait certaines déductions pour ces principes opposés, il est probable que sous une différence de température de 28 degrés que le dynamomètre à mercure autant qu'il est influencé par la température ne s'écartera plus de la vérité qu'un quart de livre sous une force de 500 livres ; degré d'exactitude qu'on ne peut pas s'attendre à avoir ni d'une romaine ni d'une balance ordinaire sous des circonstances semblables.

Les faits principaux suivans sont parmi ceux qu'on a obtenus par le moyen du dynamomètre à mercure sur les routes en fer de Monkland et de Kirkintilloch, des expériences faites par M. Grainger, qui très-heureusement est animé du désir de déterminer avec précision tout ce qui a rapport aux chemins en fer ou à sa profession d'ingénieur, et de n'épargner ni peines ni dépenses afin d'accomplir ses vues.

Nous allons répéter ses propres paroles : Les deux expériences que je vais détailler en premier lieu, furent principalement faites dans l'intention d'essayer l'efficacité du dynamomètre ; et je suis bien-aise de dire qu'il est en général supérieur à tous ceux que j'ai vu ; et que selon l'opinion de plusieurs ingénieurs éminens qui l'ont vu en action, c'est le meilleur instrument à l'usage des ingénieurs qu'on ait jamais essayé.

“(§ 1.) Dans notre premier expérience que nous fîmes le 29 de Juillet dernier, nous eûmes en vue d'essayer la justesse du dynamomètre comme nous avons déjà dit, et la différence de frottement dans les parties droites et courbées des chemins en fer. La portion de la ligne qu'on choisit pour cette expérience était parfaitement de niveau ; et la partie courbée avait un rayon d'à peu-près 800 pieds. On employa à ce moment-là cinq chariots pesant à-peu-près de deux milliers chaque ; et on en fixa les roues aux essieux comme dans une charrette Irlandaise. Les essieux avaient trois pouces de diamètre, et les coussins

plumber-blocks were four inches in breadth. The medium friction of the train was found to be 45 lbs., or 9 lbs. per ton upon the level part of the railway; but upon the curved part, it required 90 lbs to drag the waggons with the same velocity, which was three miles per hour.

" (§ 2.) The second experiment which we performed was on the 9th of August; and the carriage containing the dynamometer was attached to a train of four waggons, and each waggon weighed 71 cwt. including its load; thus making in all 284 cwt. upon the rails. The waggons were taken promiscuously from others in use; and each had its wheels fixed, as on the last occasion. The Kirkintilloch railway was chosen for the experiment; and the length of the line over which the waggons travelled was 8.5 miles; and the dynamometrical indications of draught applied by the horse were made every minute, and the medium power exerted during that time carefully noted. The greater part of the line over which the train passed was quite level; but where it had any inclination, the gravitating force was accurately computed; the result of which was, that 10.5 lbs. per ton was sufficient to cause the waggons to travel at the rate of three miles per hour; but when the train had completed about two-thirds of its journey rain began to fall, and the indications of draught were now only 6.5 lbs. per ton.

" Being anxious to ascertain the quantity of friction of empty waggons on a level line, we returned with a train, the weight of which was accurately ascertained. After the train had completed about half its journey, the rain had ceased, and the rails became dry; which afforded an opportunity of discovering that, when the rails were dry, it required a draught of 10.8 lbs. per ton to cause the empty waggons to travel at the rate of three miles per hour; and that, when the rails were wet, it required only 6.8 lbs. to cause them to move at the same rate; thus showing that the medium of friction produced both by empty and loaded waggons is nearly in arithmetical proportion to the weight upon the rails.

" (§ 3.) The next experiment was performed on the 20th of December, when it rained heavily during the whole day. At Kipps we attached four loaded waggons to the dynamometer;

qui les supportaient avaient quatre pouces de largeur. On trouva que le frottement moyen du train était de 45 livres, ou 9 livres par deux milliers sur la partie nivellée du chemin de fer; mais sur la partie courbe il fallait 90 livres pour tirer les chariots avec la même vélocité qui était de trois milles à l'heure.

“ (§ 2.) La seconde expérience se fit le 9 d'Août, et la voiture qui contenait le dynamomètre était attachée à une chaîne de quatre chariots, et chaque chariot pesait 71 quintaux, y comprise sa charge; faisant en tout 284 quintaux sur le chemin de fer. On choisit au hazard les chariots parmi ceux dont on faisait usage, et chacun d'eux avait ses roues fixées comme dans la dernière expérience. On choisit le chemin de fer de Kirkintilloch pour faire l'expérience; et la longueur de la ligne sur laquelle les chariots roulaient était de 8.5 milles; et les indications du dynamomètre à l'égard de la force exercée par le cheval furent observées à chaque minute, et l'on nota soigneusement le pouvoir moyen employé pendant ce tems. La plus grande partie de la ligne sur laquelle la chaîne des chariots passa était parfaitement de niveau; mais où il y avait une déclivité, on eut soin de computer exactement la force gravitante; le résultat fut que 10.5 livres à chaque deux milliers suffisaient pour faire aller les chariots trois milles à l'heure; mais quand les chariots eurent complété à peu-près deux tiers de leur voyage, il commença à tomber de l'eau, et les indications de la force ne montraient que 6.5 livres par deux milliers.

“ Désirant savoir la quantité de frottement des chariots vides sur une ligne horizontale, nous retournâmes avec plusieurs chariots donc le poids fut exactement computé. Après que les chariots eurent fini presque la moitié de leur voyage, la pluie cessa, et les ornières de fer devinrent sèches; ce qui donna l'occasion de découvrir que quand les ornières de fer étaient sèches, il fallait une force de 10.8 livres par deux milliers pour faire voyager les chariots vides trois milles à l'heure; et que quand les ornières de fer étaient mouillées, il ne fallait que 6.8 livres pour les faire mouvoir aussi vite; ceci prouve que le frottement moyen produit tant par des chariots vides que par d'autres qui sont chargés est presque en proportion arithmétique du poids sur les ornières de fer.

“ (§ 3.) La troisième expérience se fit le 20 de Decembre pendant lequel il plut beaucoup. A Kipps nous attachâmes au dynamomètre quatre chariots chargés, dont les roues avaient

and the wheels of the carriages were 2.5 feet diameter, and the axles and plumber-blocks were similar to those used in the preceding experiments ; and the train weighed 15 tons, and proceeded along the line in a westerly direction, where it is level. It blew a fresh breeze, and the direction of the wind was about two points to the south of the direction of motion of the carriages. The force exerted by the animal was observed to vary from 90 to 110 lbs. ; but when the train got upon a part of the railway which descended at the rate of 1 in 280 in favour of the waggons, they descended freely by their own gravity ; one part of the line descended at the rate of 1 in 60, and it had also a curve to a radius of 1000 feet ; here the gravitating force was so great, that it was necessary to retard the motion of the waggon by the application of the brake, and at this part of the line the velocity might have been at the rate of four miles per hour.

" When the train arrived at the weighing house, it rained so heavily, and the weather became so tempestuous, that none of the indications could be accurately observed or noted ; we therefore concluded the experiment."

The following experiments were carefully performed by Mr. Grainger, with the assistance of the author ; and the results are even more favourable than those which have been already detailed ; a circumstance which, very probably, has arisen from the former trials having been performed when many protuberances, both upon the rails and upon the wheels, opposed themselves to the draught, but which have in course of the intervening months been reduced by working the acting surfaces.

(§ 4.) On December 31st we attached four waggons to the dynamometer, and proceeded along the Kirkintilloch railway. Three of the waggons had wheels of 3 feet diameter, and the other one had wheels of 2.5 feet. The aggregate weight of the train was 16 tons 12 cwt., and the rails were between the wet and dry states ; a condition which is generally considered to be the most unfavourable. The dynamometrical indications of draught were noted every half minute, and the average force per ton, upon the straight and horizontal parts of the railway, was discovered to be 8 lbs. only ; but, upon the level curved

2.5 pieds de diamètre et les essieux et les coussins étaient comme ceux dont on fit usage dans les expériences précédentes ; les chariots pesaient 30 milliers, et allaient le long de la ligne vers l'ouest où le chemin est horisontal. La direction du vent (qui était assez frais) était à-peu-près à deux points au midi de la direction du mouvement des voitures. On observa que la force du cheval variait de 90 livres à 110 ; mais quand les chariots arrivaient à une partie du chemin qui descendait par 1 dans 280, ils descendaient librement par leur propre gravité ; une partie de la ligne descendait par 1 sur 60, et elle avait aussi une ligne courbe sur un rayon de 1000 pieds ; ici la force gravitante étaient si grande qu'il devint nécessaire de retarder le mouvement des chariots par l'application de l'arrêt, et à cette partie de la ligne la vélocité aurait pu être quatre milles à l'heure.

“ Quand les chariots arrivèrent à l'endroit où l'on les pèse, il plut si fort, et le tems devint si orageux, qu'on ne put observer ni écrire avec exactitude nulle indication ; en conséquence nous terminâmes l'expérience.”

Les expériences suivantes furent faites avec soin par M. Grainger, assisté par l'auteur ; et les résultats furent même plus favorables que ceux qu'on a déjà détaillés ; circonstance qui très-probablement vient de ce que les essais précédens eurent lieu quand il y avait plusieurs inégalités sur les ornières de fer et sur les roues qui s'opposaient au trait, mais qui dans le cours de plusieurs mois diminuèrent beaucoup par le frottement des surfaces.

(§ 4.) Le 31 de Decembre nous attachâmes quatre chariots au dynamomètre, et nous poursuivîmes le chemin de fer de Kirkin-tilloch. Trois de ces chariots avaient des roues de trois pieds de diamètre, et l'autre avait des roues de 2.5 pieds. Le poids des chariots était tout ensemble de 32 milliers 12 quintaux, et les ornières de fer étaient à moitié sèches ; condition qu'on regarde en général comme très-désavantageuse. On nota à chaque intervalle de 30 secondes les indications du dynamomètre, et l'on découvrit que la force moyenne sur les parties droites et horizontales du chemin n'étaient que de 8 livres ; mais sur les

parts, it required 11 lbs. to drag the waggons at the same velocity, which was at the rate of 3 miles per hour.

(§ 5.) January 1st, 1829. This day our principal object was to ascertain the comparative merits of wheels of unequal diameters, and axles of different constructions. With this view we selected a portion of the road where a double track is laid, and which descends at the rate of 1 in 117, and is 600 yards long. At the foot of this inclination we placed two waggons alongside of each other, one upon each railway; and a small cord (a plough line) passed over a pully placed in front of the waggons, and thus connected the carriages to each other, while the horse was yoked to the pully. From this arrangement, it was obvious that, should the wheels or axles of either of the waggons produce more friction than those of the other, the fact would be discovered, by the waggon having the greatest friction falling behind the other, when moving up the inclined railways. With this view, the carriages were each previously adjusted to 70 cwt.; and where one or other of these began to advance more rapidly than the other, one, two, or more men placed themselves upon that waggon; by which means, its motion was retarded, and of course caused to fall back, till opposite to the other with which it was balanced:—Here the number and weight of the men indicated clearly the quantum of extra-load which the best waggon was capable of carrying with the same degree of ease to the horses employed in working the two kinds of carriages.

One of the waggons, first compared by this method, had wheels of 3 feet diameter, and the other had wheels of 2.5 feet. The axles of the 3 feet wheels were constructed of two pieces meeting within a bush at the centre of their length, being Mr. Neilson's wheels and axles. During the ascent of these carriages, it required 1020 lbs. to balance the waggon having its wheels of 2.5 feet diameter; which indicated, that the motion of this carriage could be kept up with the same quantum of draught as the other, although it were loaded with 1020 lbs. more. In this experiment the disparity of the two waggons was so great, that we imagined a part of the difference behaved to proceed from the condition of the two railways upon which they travelled; the carriages were therefore changed to the opposite

parties courbes et horizontales il fallait 11 livres pour tirer les chariots avec la même vélocité, qui était de 3 milles à l'heure.

(§ 5.) 1^e Janvier 1829. Notre objet principal aujourd'hui fut de connaître l'avantage comparatif des roues des diamètres différentes, et des essieux de différentes constructions. Afin d'y réussir nous choisissons une partie de la route qui est une double voie, et qui descend par 1 sur 117, et qui a 600 mètres en longueur. Au pied de cette déclivité nous plaçâmes deux chariots l'un à côté de l'autre, (un sur chaque voie du chemin); et l'on avait placé une petite corde sur une poulie devant les chariots qui se trouvaient ainsi liés l'un à l'autre, et le cheval était attelé à la poulie. Par ce moyen il était clair que si les roues et les essieux de l'un des chariots produisaient plus de frottement que ceux de l'autres, on s'en appercevra à raison de ce que le chariot qui aurait le plus de frottement resterait en arrière en remontant le chemin de fer. Dans cette intention, on ajusta au commencement les chariots selon le poids de 70 quintaux; et quand l'un de ces chariots commençait à avancer plus rapidement que l'autre, alors un, deux, ou plusieurs hommes se plaçaient sur ce chariot; par le moyen de quoi on retardait le mouvement, et naturellement faisait reculer le chariot jusqu'à ce qu'il fusse en face de celui avec lequel on l'avait mis en opposition:—Le nombre et le poids des hommes indiquèrent clairement ici la quantité de la charge extraordinaire que le meilleur chariot pouvait porter avec le même effort du cheval.

L'un des chariots dont on fit la comparaison par cette méthode avait des roues de 3 pieds de diamètre, et l'autre avait des roues de 2.5 pieds. Les essieux des roues de 3 pieds furent construits en deux morceaux qui se rencontraient dans une boîte à moitié distance entre les deux roues, c'étaient les roues et les essieux de M. Neilson. Pendant l'ascension de ces voitures, il fallut mettre 1020 livres dans le chariot dont les roues avaient 2.5 pieds de diamètre; ce qui indiquaient que le mouvement de cette voiture pouvait être réglé avec la même quantité de force que l'autre, quoiqu'il était chargé de 1020 livres d'avantage. L'avantage comparatif des deux chariots que nous trouvâmes par cette expérience fut si grand, que nous crûmes qu'une partie de la différence provenait de l'état des ornières sur lesquelles ils cheminèrent; on changea donc les voitures sur les chemins opposés; mais le résultat fut encore

- roads; but still the result was, that the 2.5 feet wheels were superior to those of 3 feet diameter, when working upon straight rails.*

(§ 6.) We next tried the comparative merits of these wheels upon a curved part of the double railways. The curve was at a radius of 1000 feet; and the length of the arc over which the waggons passed was 120 yards. The result of this trial was, that the wheels of 3 feet diameter were superior to those of 2.5 feet; a circumstance which evidently was occasioned by the axles of the 3 feet wheels being of two pieces, joined below the middle of the carriage; for by this contrivance it is obvious, that all the wheels would roll upon the rails of different radii, independent of the motions of each other; and that, although the two wheels nearest to the centre of the circle in which they moved did not revolve so frequently as those upon the greater circle, yet the motion of one wheel would not accelerate nor retard the opposite one; but the case was different with the wheels with which these were compared. The 2.5 feet wheels were attached to each other by an inflexible axle; which precluded the possibility of one wheel turning without affecting the motion of that at the opposite side of the waggon. Now it is obvious that the outer curve being longer than the inner one, the outer wheels have to pass over more space during each revolution than the inner ones; and as they are fixed on the same solid axles with the inner ones, they must gain the difference of distance by being dragged or slid over it. That this was practically the case the following experiment will demonstrate:—By changing the waggon having 3 feet wheels to the railway of the greatest radius, its superiority over the other was more evidently seen than when it travelled upon the lesser circle. These facts support the conclusion that Neilson's 3 feet wheel can be employed

* It should be observed that a much greater portion of flangh, on each side of the bearing point of a three feet wheel, comes in contact with the railway, than that which a wheel of two feet diameter can admit of. This being the case, a proportional quantum of friction must oppose the motion of the large wheel, and thereby generate an evil which is scarcely counterbalanced by its superior leverage or diameter. But in this experiment it is possible also that the want of accuracy in fitting the short axles may have caused friction.

que les roues de 2.5 pieds de diamètre étaient préférables à celles de 3 pieds, quand elles roulaient sur un chemin droit.*

(§ 6.) Ensuite nous essayâmes les avantages comparatifs de ces roues sur une partie courbe du chemin à double voie. La ligne courbe avait un rayon de 1000 pieds; et la longuer de l'arc sur lequel les chariots passèrent était de 120 mètres. Le résultat de cet essai fut que les roues de 3 pieds de diamètre parurent supérieur à celles de 2.5 pieds; circonstance qui probablement fut occasionnée par ce que les essieux des roues de 3 pieds, étaient en deux longueurs dont la jointure se trouve au milieu de la voiture; car par ce moyen il est clair que les roues rouleraient sur les chemins de différens rayons indépendamment les uns des autres; et que quoique les deux roues les plus proches du centre du cercle dans lequel elles marchaient, ne tournaient pas si fréquemment que celles qui étaient sur le grand cercle, cependant le mouvement des unes ne pouvait accélérer ni retarder les autres; mais les roues auquel ou avait comparé celles-ci étaient dans un cas différent. Les roues de 2.5 pieds furent attachées l'une à l'autre par un essieu inflexible; ce qui empêcha qu'une roue puisse tourner sans influencer le mouvement de celle qui étaient à l'autre bout de l'essieu. On conçoit que comme la courbe extérieure est plus longue que la courbe intérieure, les roues extérieures doivent traverser plus d'espace à chaque révolution que les roues intérieures, mais comme elles sont fixées à demeure sur les mêmes essieux, les roues extérieures ne peuvent franchir la différence de distance qu'en glissant sur les ornières. L'expérience suivante va démontrer que ceci fut exactement le cas:—en changeant le chariot qui avait des roues de 3 pieds à l'ornière qui avait le plus grand rayon, on s'aperçut plus évidemment de sa supériorité sur l'autre que quand il cheminait sur un cercle plus petit. Ces faits viennent à l'appui de la conclusion que la roue de 3 pieds de M. Neilson put s'employer avantageusement

* On doit observer qu'une partie bien plus grande du flangh de chaque côté du point d'appui d'une roue de trois pieds de diamètre, se rencontre avec le chemin ferré, que celle d'une roue de deux pieds de diamètre peut admettre. Cela étant, il s'ensuit qu'une quantité proportionnelle de frottement s'oppose au mouvement de la grande roue, et par-là offre un inconvénient auquel son diamètre supérieur peut à peine obvier. C'est possible que le défaut d'ajustement des essieux si courtes aurait augmenté le frottement.

with advantage upon a railway in which there are many curves, and by having them in good condition, they would compete upon straight rails with those of less diameter.

(§ 7.) The next experiment was performed upon the straight inclined railways; and the waggon having 2.5 feet wheels was compared with one having wheels of 3 feet diameter. The axles of both waggons were fixed in a similar way, and all circumstances were presumed to be equal—the diameter of the wheels excepted. The result was, that it required 850 lbs. to balance the waggon having the 2.5 feet wheels.

After the carriages had arrived at the top of the incline, the cord and pully was disengaged from them, and they were allowed to descend by their own gravity. The result confirmed the fact that, the 2.5 feet wheels produced less friction than those of 3 feet diameter; for the carriage to which the former wheels were attached arrived at the foot of the inclination much sooner than the other.

(§ 8.) Being anxious to ascertain the difference of friction which might be produced by wheels of the same diameter, we attached two waggons having 2.5 feet wheels. One of the waggons had wooden wheels covered with wrought-iron hoops; but no farther difference of construction of the working parts existed, except that a little more attention had been paid to the workmanship and keeping of the axles of this waggon, than to the other. In course of these carriages being pulled to the top of the inclined rails, it required 1500 lbs. of additional load to prevent the waggon in the best condition from getting before its less fortunate opponent; and by changing these waggons to the opposite rails, and by allowing them to run down the incline, the result was still in favour of the waggon in the best keeping,—a fact worthy of being attended to by every proprietor of horses employed in railway operations.

(§ 9.) Having surmounted the inclined part of the railway, we wished to ascertain the quantum of friction produced by accelerated motion upon a level part. With this view the horse was caused to travel at the rate of 7.5 miles per hour; and the dynamometrical indications of his draught were, on the

sur un chemin où il y a plusieurs lignes courbes : et en les ayant en bon état elles pourraient même entrer en concurrence avec celles d'un plus petit diamètre sur les chemins en ligne droits.

(§ 7.) L'expérience suivante se fit sur un chemin incliné mais droit ; et l'on compara le chariot qui avait des roues de 2.5 pieds de diamètre avec celui qui en avait de 3 pieds. Les essieux des deux chariots étaient d'une construction semblable, et tout ce qui leur avait rapport paraissait être sur un pied égal, excepté le diamètre des roues. Le résultat fut qu'il fallut 850 livres pour égualiser le chariot dont les roues avaient 2.5 pieds de diamètre.

Après que les voitures furent arrivées au haut du plan incliné, on ôta la corde et la poulie qui les attachaient, et on les laissa descendre par le poids de leur gravité. Le résultat confirma le fait que les roues de 2.5 pieds de diamètre produisaient moins de frottement que celles de trois pieds ; car le chariot auquel on avait attaché les roues de 2.5 pieds arriva au bas du plan incliné plutôt que l'autre.

(§ 8.) Désirant savoir la différence de frottement entre des roues du même diamètre, on attacha deux chariots qui avaient des roues de 2.5 pieds. L'un des deux chariots avait des roues de bois avec des cercles de fer forgé ; mais il n'existaient aucune différence de construction dans toutes les parties des roues excepté qu'on avait pris plus de soin à la manufacture et aux essieux de ces chariots qu'à l'autre.

En tirant ces chariots au haut du chemin incliné, il fallut 1500 livres de poids additionnel pour empêcher que le chariot qui était mieux conditionné ne devançât l'autre moins heureux ; et en changeant ces chariots du côté opposé, et en les laissant descendre le plan incliné, le résultat fut encore en faveur du chariot qui était le mieux conditionné, fait digne d'attention de la part de tous les propriétaires de chevaux qu'on emploi sur les chemins de fer.

(§ 9.) Étant arrivé au haut du plan incliné du chemin, on voulut connaître la quantité de frottement qu'un mouvement accéléré produirait sur une ligne horizontale. Pour y arriver, on fit marcher le cheval à raison de 7.5 milles à l'heure, et les indications du dynamomètre à l'égard du trait furent l'un

average, 10.2 lbs. per ton. But when the train moved at the rate of 8 miles in the same time, it required 10.67 lbs. per ton to produce the effect; and when the velocity was increased to 8.5 miles, the average draught was 11 lbs. per ton.

(§ 10.) In prosecution of these last detailed experiments, we next day (January 2,) proceeded over a level part of the railway. The train weighed 11 tons 6 cwt. and the speed was at the rate of 3.5 miles per hour. The start required a force of 340 lbs.; but when in motion, the average draught for the train was 90.2 lbs.—about 8 lbs. per ton.

(§ 11.) We again proceeded over the same ground with a train which weighed 11 tons and 2 cwts. The force necessary to put the waggons in motion was 410 lbs.; but the average pull required 94.4 lbs. only, or about 9.5 lbs per ton to cause the train to move at the rate of 6.66 miles per hour.

(§ 12.) By again going over the same ground with the same train, we observed that it required 128.4 lbs., or about 11.63 lbs. per ton, to produce a velocity of 8.57 miles per hour.

These experiments, although accurately performed, do not decidedly prove the amount of friction produced by wheels of different construction, nor their merit at different velocities. Many circumstances may unite to render such delicate results abortive. The condition of the rails, the newness of the wheels and axles, and the tenacity or fluidity of the grease, would all tend to produce the difference of results which we have discovered; and it is only by frequently repeated experiments that a positive conclusion should be formed respecting the comparative merits of the working parts.

The aspect of the country through which this railway passes is not inviting; and the cold wet bleak soil does not seem to be capable of rewarding the exertions of the husbandman. But nature, impartial in her gifts, has here stored up abundance of excellent coal, iron and lime, which are easily wrought, and are about five times more valuable than the soil, which in many places scarcely covers them.

However, were it not that railways afford a cheap conveyance, these ponderous minerals would be of little value to their

portant l'autre, 10.2 livres à chaque deux milliers. Mais quand le chariot roulait à raison de 8 milles par heure, il fallait 10.67 livres à chaque deux milliers pour produire l'effet; et quand on augmentait la vélocité à 8.5 milles, le trait ordinaire était de 11 livres pour deux milliers.

(§ 10.) En continuation des expériences que nous avons détaillées ci-dessus, nous traversâmes le jour suivant (2 Janvier) une partie horizontale du chemin. Les chariots pesaient 22 milliers 6 quintaux, et la marche était à raison de 3.5 milles à l'heure. Le commencement du mouvement demandait une force de 340 livres, mais le trait ordinaire du train était de 90.2 livres,—à-peu-près 8 livres par deux milliers.

(§ 11.) Nous traversâmes encore le même terrain avec un train qui pesait 22 milliers et 2 quintaux. L'effort nécessaire au premier mouvement du train était 410 livres, mais la force ordinaire n'excédait pas 94.4 livres ou à-peu-près 9.5 livres pour deux milliers, la marche, du train étant à raison de 6.66 milles à l'heure.

(§ 12.) Sur le même terrain avec le même train, on observa qu'il fallait 128.4 livres, ou à-peu-près 11.63 livres pour deux milliers, afin de produire une vélocité de 8.57 milles à l'heure.

Ces expériences, quoique faites avec beaucoup de soin, ne prouvent pas décidément le total exact du frottement que produisent les roues de différentes constructions, ni leur valeur quand la vélocité est différente. Il y a plusieurs circonstances qui puissent influer sur les résultats. La condition des ornières, l'état des roues et les essieux, et même de la graisse dont elles sont enduites, pourraient produire la différence dans les résultats que nous avons découverts, et ce n'est qu'en multipliant les expériences qu'on peut venir à une conclusion positive à l'égard du mérite comparatif de toutes les parties des chariots.

L'aspect de la campagne par où passent ces chemins de fer n'est pas agréable, et le terrain qui est froid et humide, ne paraît pas être capable de récompenser les travaux du laboureur. Mais la nature, qui est juste dans ses dons, a amassé ici une abondance de charbon excellent, de fer, et de chaux, qu'on exploite aisément, et qui sont à-peu-près cinq fois plus précieux que le sol qui dans bien des places peut à peine les couvrir.

Mais si ce n'était pas pour les chemins de fer, par le moyen desquels on peut transporter à bon marché ces minéraux pesans,

proprietors; and the public would not be benefited by the riches of this hilly district. Modern discovery and perseverance, however, having surmounted almost every natural obstacle, a spirited company undertook to open an easy mode of conveyance for the produce of this part of Lanarkshire. With this view, the Monkland and Kirkintilloch railway was begun in 1824, and opened in 1826. The line commences at Kirkintilloch, a village upon the banks of the Forth and Clyde canal, in Dumbartonshire, and stretches southeast about ten miles. The Ballochney line was begun in 1826, and opened in 1828. It passes in the immediate neighbourhood of Airdrie, and joins the Kirkintilloch line about two miles northwest of that place; and has an inclined plane, deserving of particular notice. The length of the descent is 6089 feet, and its fall is 221 feet. Here the road-way consists of three rails; but where the ascending and descending waggons pass each other, the road-way is double. This fall is divided into two lengths, having a level of 100 feet at its middle. The inclinations are each a portion of a hyperbolic curve, from which the gravitating force of the descending waggons is much more at the commencement of their motion, than when they arrive at the foot of the incline; hence the velocity of the ascending and descending trains is nearly equalized. Fifteen tons weight is usually let down at a time upon this part of the railway; and the descending waggons pull up the empty ones, by means of a rope which is attached to them, and to the ascending train;—the inclination being divided into two falls, two different ropes are employed. The ropes pass over a pully at the top of each inclination, and are prevented from coming in contact with the ground by passing over friction rollers.

We descended upon these inclinations, with a loaded train, at the rate of 12 miles per hour; but had the velocity of the waggons not been checked by the application of the brake, the descent would have been much more rapid. The general tendency of the whole line is to descend towards the canal, where the coals, &c. are shipped; but some true levels also occur. On one gentle declivity the loaded waggons descend by their own gravity, with an astonishing rapidity; and we think, that on many occasions, thousands of tons could be im-

ils n'auraient pas attiré l'attention de leur propriétaires ; et le public n'aurait tiré aucun avantage des richesses de ce district montagneux. Les découvertes modernes, et la perséverance ayant cependant surmonté tous les obstacles que présente la nature, une société de personnes entreprenantes concurent l'idée d'ouvrir un chemin aisé pour le transport des produits de cette partie du Comté de Lanark. Dans cette intention, on commença en 1824 le chemin de fer de Monkland and Kirkintilloch, et on l'ouvrit en 1826. La ligne commence à Kirkintilloch, village situé sur les bords du Forth and Clyde Canal, et s'étend 10 milles vers le sud-est. On commença la ligne de Ballochney en 1826, et on l'ouvrit en 1828. Elle passe près du Bourg d'Airdrie, et joint la ligne de Kirkintilloch à-peu-près à deux milles vers le nord-ouest de cette place ; et elle a un plan incliné qui mérite une attention particulière. La longueur de la descente est de 6089 pieds, et la différence de niveau est de 221 pieds. Ici le chemin a trois ornières ; mais là où se croisent les chariots qui montent et qui descendant, la route est à double voie. La chute est divisée en deux longueurs, ayant une portion horizontale de 100 pieds entre les deux. Les inclinés consistent chacun d'une portion d'une course hyperbolique, par quoi la force gravitante des chariots qui descendant est beaucoup plus grande au commencement de leur course que quand ils arrivent en bas de la descente. On descend ordinairement des charges de 15 tonnes ; et les chariots qui descendant font monter ceux qui sont vides par le moyen d'une corde, et comme l'incliné est divisé en deux chutes, on emploie deux cordes différentes. Les cordes passent sur une poulie fixée au haut de chaque incliné, et ne peuvent pas traîner sur la terre, parcequ'elles passent sur des rouleaux.

Nous descendîmes sur ces inclinés avec une charge, à raison de 12 milles à l'heure ; mais si la vélocité des chariots n'avait pas été retardée par l'application de l'arrêt, la descente aurait eu lieu en moitié moins de tems. Le chemin a une pente générale vers le canal où l'on transporte le charbon, &c. mais il y a des endroits horizontales. Les chariots chargés descendant par leur poids avec une rapidité étonnante sur ces pentes douces ; et il nous semble que dans bien des circonstances on pourrait

peled along the whole line by the wind; for which purpose, a small sail, hoisted upon the foremost of the train of waggons would be a sufficient apparatus for this purpose.

As a piece of engineering, the railway does much honour to the professional abilities of Mr. Grainger; but the best encomium which we can bestow upon his work will be found in our detail of the dynamometrical indications of draught which are necessary to produce effect upon it; forces which indicate a degree of accuracy in the rails which has never before been equalled. The different levels have also been attended to with an uncommon regard to the utmost possible effect that could have been secured in such a situation, and for such a purpose.

The coal, from many of the mines in the neighbourhood of the railway, is of the best quality, and meets with a ready market in Glasgow, Edinburgh, and on the east and west coasts of Scotland and Ireland.

At present (1829) a few coal mines only are in a working condition, but many are in progress of being opened, and the increased trade upon the railway will soon yield a handsome remuneration to its proprietors. But the utility and profit which after a short time will arise from this undertaking, has already become sufficiently understood; and extensive works of a similar description have been begun in the neighbourhood. The Garnkirk and Glasgow railway, at present constructing by Messrs. Grainger and Miller, is in a very advanced state. This line is eight miles long, and will afford a ready conveyance for the minerals, &c. through which it passes, and also afford a direct conveyance from the great Monkland coal field to Glasgow. It commences at Glasgow, and joins the Kirkintilloch railway at a point about $2\frac{1}{2}$ miles north-west from the town of Airdrie.

Another line to join the Kirkintilloch railway is at present under contemplation. It is intended to traverse the country to the southward of Airdrie. The length of the line is 11 miles, and the fall upon its whole length, is 249.2 feet. This line has also been proposed and surveyed by Messrs. Grainger and Miller.

When these railways have been completed, the district through which they pass will be rendered one of the most valuable in Europe.

FINIS.

se servir du vent pour faire marcher des grands trains. Et pour cela il suffirait de fixer une petite voile sur le chariot qui se trouve à la tête des autres.

L'execution de ce chemin de fer fait beaucoup d'honneur aux talens de M. Grainger ; mais les meilleurs louanges que nous pouvons donner à son ouvrage se trouveront dans notre détail des indications dynamométricales du trait exigé là dessus ; que montre un degré d'exactitude dans l'ajustement des ornières qu'on a jamais connu auparavant. On a fait une attention scrupuleuse aux différens niveaux, afin d'en avoir tous les avantages auxquels on pouvait s'attendre dans une telle situation et pour un tel dessein.

La houille qui vient de la plupart des mines dans le voisinage du chemin de fer, est de la meilleure qualité, et se vend facilement dans les marchés de Glasgow, Edimbourg, et autres.

A présent (1829) on n'exploite que peu de mines mais on va bientôt en ouvrir d'autres, et le commerce qui doit augmenter sur le chemin, récompensera abondamment les actionnaires. L'utilité et le profit qu'on en retirera sont assez connus, et l'on a commencé dans le voisinage de grandes entreprises du même genre. Le chemin de fer de Garnkirk et de Glasgow est dans un état très-avancé. Cette ligne a huit milles de longueur, et offrira un transport commode aux minéraux, &c. du pays par où elle passe. Elle commence à Glasgow, et joint le chemin de fer de Kirkintilloch à-peu-près à $2\frac{1}{2}$ milles au nord-ouest de la ville d'Airdrie.

On songe à présent à établir une autre ligne qui doit joindre celui de Kirkintilloch. Elle doit traverser le pays au sud-ouest d'Airdrie. La ligne aura onze milles de long, et la descente dans toute sa longueur est de 249.2 pieds. M.M. Grainger et Miller sont les personnes qui en ont donné le plan.

Quand ces améliorations seront complètes, le district dans lequel elles se trouvent deviendra un des plus riches de l'Europe.



PLATE III

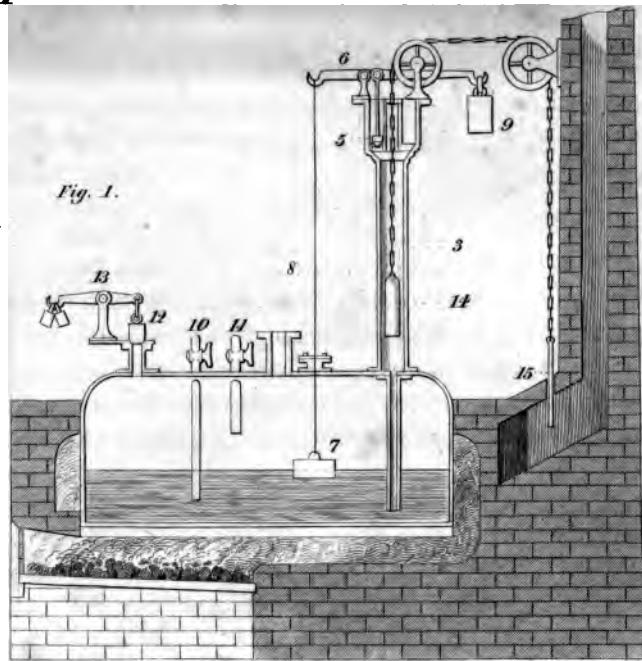


Fig. 1.



Fig. 5.

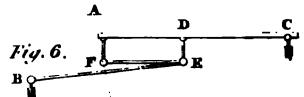


Fig. 6.

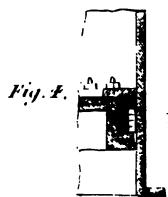


Fig. 2.

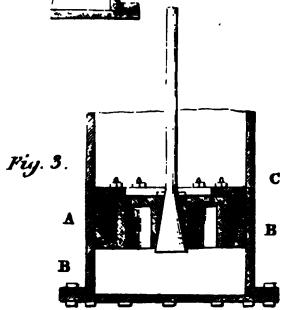


Fig. 3.

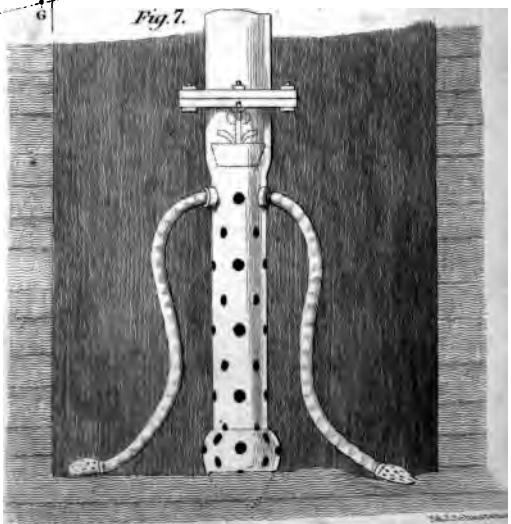


Fig. 7.



